Revoluciones científicas

Compilador

IAN HACKING

Traducción de
JUAN JOSÉ UTRILLA

FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
MÉXICO

Primera edición en inglés, 1981
Primera edición en español, 1985

Título original:
Scientific Revolutions
© 1981, Oxford University Press, Oxford
ISBN 0-19-875051-X

D. R. © 1985, Fondo de Cultura Económica, S. A. de C. V.
Av. de la Universidad, 975; 03100 México, D. F.

ISBN 968-16-2117-4

Impreso en México

INTRODUCCIÓN

A diferencia de muchas otras *Oxford Readings in Philosophy*, ya tenemos tres obras esenciales en este campo que son económicas y fáciles de conseguir: *La estructura de las revoluciones científicas* [1], de T. S. Kuhn, "La falsación y la metodología de los programas de investigación" [50], de Imre Lakatos y *Contra el método* [67],* de Paul Feyerabend. Estas obras nos ofrecen una manera de hacer filosofía de la ciencia y también frases vívidas como "paradigma", "inconmensurable" y "programa de investigación". No cabe duda que el libro de Kuhn, publicado en 1962, constituye el punto de partida.

Muchos otros trabajadores tuvieron ideas relacionadas, *cuyo momento había llegado*, pero la potencia, la simplicidad y el vigor del análisis de Kuhn fijaron la pauta. Cualquiera que se interese en la filosofía de la ciencia tiene que leer su libro. Esta introducción no es más que una revisión de algunas de las cosas que dijo.

La estructura de las revoluciones científicas comienza diciendo que "si se considera la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia". ¿Qué era esta "imagen de la ciencia" que Kuhn se proponía cambiar? Era, indudablemente,

* Los números entre corchetes denotan entradas en la Bibliografía, pp. 317-333.

alguna combinación de los nueve puntos que señalamos en seguida:

1) *El realismo.* La ciencia es un intento por descubrir un mundo real. Las verdades acerca del mundo son verdades sin que importe lo que la gente piense, y hay una única descripción mejor de cualquier aspecto elegido del mundo.

2) *La demarcación.* Existe una distinción bastante aguda entre las teorías científicas y otros tipos de creencias.

3) La ciencia es *acumulativa.* Aunque son bastante comunes las partidas en falso, la ciencia en general edifica sobre lo que ya se conoce. El propio Einstein es una generalización de Newton.

4) *Distinción entre observación y teoría.* Existe un contraste bastante agudo entre los informes de las observaciones y los planteamientos de la teoría.

5) *Fundamentos.* La observación y el experimento aportan los fundamentos y la justificación de hipótesis y teorías.

6) Las teorías tienen una *estructura deductiva* y las pruebas de las teorías proceden deduciendo informes de observación partiendo de los postulados teóricos.

7) Los conceptos científicos son bastante *precisos,* y los términos empleados en ciencia tienen significados fijos.

8) Existe un *contexto de justificación* y un *contexto de descubrimiento.* Debemos distinguir: *i*) las circunstancias psicológicas o sociales en que se hace un descubrimiento de, *ii*) la base lógica para justificar la creencia en los hechos que se han descubierto.

9) *La unidad de la ciencia.* Debe haber una sola

ciencia acerca del mundo real. Las ciencias menos profundas son *reductibles* a otras más profundas. La sociología es reductible a la psicología, la psicología a la biología, la biología a la química y la química a la física.

Ningún filósofo ha sostenido exactamente estos nueve puntos, pero forman un útil conjunto, no sólo de discusión filosófica técnica sino también de difundida concepción popular de la ciencia. Los capítulos II y III, de Shapere y Putnam, empiezan con buenas descripciones breves de parte de la filosofía de la ciencia anterior a 1960. Considérense, por ejemplo, tres filósofos de gran influencia, todos los cuales emigraron de Alemania o Austria durante los treintas: Karl Popper (representado por el capítulo IV, *infra*) consideró que su problema central era el punto *2*, la demarcación entre la ciencia y la no ciencia. Siempre rechazó la idea de que la ciencia tiene fundamentos, punto *5*, y cada vez más cuestionó el punto *4*, la distinción entre teoría y observación. En contraste, Rudolf Carnap (1891-1970) subrayó los fundamentos y Hans Reichenbach (1891-1953) prestó particular atención al punto *8*, la distinción entre descubrimiento y justificación. Todos ellos fueron realistas científicos en el sentido del punto *1*, y todos maduraron en una tradición donde la unidad de la ciencia, punto *9*, se daba por sentada. ¿Qué otro cuadro de la ciencia presenta Kuhn? Algunas de sus tesis se pueden resumir en unos cuantos puntos.

a) *Ciencia normal* y *revolución*. Una vez que una ciencia específica ha quedado individualizada, característicamente pasa por una secuencia de *ciencia normal-crisis-revolución-nueva ciencia normal*. La

"ciencia normal" es, básicamente, una actividad de resolver enigmas, en que los investigadores intentan a la vez extender unas técnicas triunfales y suprimir los problemas que existen en un cuerpo establecido de conocimientos. La ciencia normal es conservadora, y se elogia a sus investigadores cuanto más hagan de lo mismo. Pero de cuando en cuando las anomalías de alguna rama del conocimiento se desbocan y no parece haber manera de enfrentarse a ellas. Esto es una crisis. Tan sólo un completo replanteamiento del material bastará, y esto produce una revolución.

b) *Los paradigmas.* Una ciencia normal se caracteriza por un "paradigma". Kuhn distingue [3] dos maneras principales en que desea emplear esta palabra. Existe el *Paradigma como realización.* Ésta es la forma acertada para resolver un problema que entonces sirve como modelo para futuros investigadores. Luego está el *paradigma como conjunto de valores compartidos.* Esto significa los métodos, las normas y las generalizaciones compartidas por quienes fueron preparados para llevar adelante un trabajo que se modela a sí mismo de acuerdo con el paradigma como realización. La unidad social que transmite ambos tipos de paradigmas puede ser un pequeño grupo, tal vez de científicos, poco más o menos, que se escriben y se telefonean, componen los libros de texto, arbitran en cuestión de artículos y ante todo discriminan entre problemas planteados para su solución.

c) *La crisis.* El cambio de un paradigma a otro por medio de una revolución no ocurre porque el nuevo paradigma responda mejor a antiguas preguntas; tampoco ocurre porque haya mejores prue-

bas de las teorías asociadas al nuevo paradigma que de las teorías encontradas en el antiguo paradigma. Ocurre porque la antigua disciplina es cada vez más incapaz de resolver anomalías urgentes. La revolución tiene lugar porque las nuevas realizaciones presentan nuevas formas de ver las cosas y luego, a su vez, crean nuevos problemas para que la gente los resuelva. A menudo, los antiguos problemas quedan archivados u olvidados.

d) *La inconmensurabilidad.* Los sucesivos cuerpos de conocimiento, con paradigmas diferentes, pueden ser muy difíciles de comparar. Quienes trabajan en un periodo posrevolucionario de una nueva ciencia normal pueden ser incapaces hasta de expresar de qué trataba la antigua ciencia (a menos que se vuelvan historiadores muy agudos). Las sucesivas etapas de una ciencia pueden enfocar problemas distintos sin que haya una medida común de su éxito: pueden volverse inconmensurables. En realidad, como a menudo se explican conceptos abstractos por las funciones que desempeñan al teorizar, tal vez ni siquiera podamos comparar los conceptos de las sucesivas etapas de una ciencia. El término newtoniano "masa" acaso no signifique siquiera lo que significa en la física relativista de Einstein.

e) *La ciencia no acumulativa.* La ciencia no es estrictamente acumulativa porque los paradigmas —en ambos sentidos de la palabra— determinan qué tipos de preguntas y de respuestas proceden. Con un nuevo paradigma, las antiguas respuestas pueden dejar de ser importantes y hasta pueden volverse ininteligibles.

f) *El cambio de Gestalt.* "Transbordar" a un nuevo paradigma es una transición posiblemente súbita

a un nuevo modo de observar algún aspecto del mundo. Un paradigma y su teoría asociada ofrecen diferentes maneras de "ver el mundo".

Tal vez el contraste fundamental entre la imagen de los puntos *1-9* y los *a-f* de Kuhn no se encuentre tanto en un choque frontal acerca de puntos específicos cuanto en una diferente concepción de la relación entre el conocimiento y su pasado. La antigua imagen era ahistórica y empleaba la historia de la ciencia tan sólo para ofrecer ejemplos de puntos lógicos. Kuhn y muchos de los autores representados en esta antología piensan que el contenido de una ciencia y sus métodos de razonamiento e investigación están integralmente conectados con su desarrollo histórico. A consecuencia de este punto de vista, Kuhn está en oposición, en diversos grados, con todos los puntos, del *1* al *9*.

El punto *3* dice que la ciencia es acumulativa; el *e* de Kuhn lo niega. Kuhn rechaza una clara distinción entre teoría y observación porque las cosas que notamos y las formas en que las vemos o al menos en que las escribimos, en gran parte están determinadas por nuestros modelos y problemas. No hay un modo "atemporal" en que las observaciones apoyen o den fundamentos a la teoría. Las relaciones entre observación e hipótesis pueden diferir en paradigmas sucesivos. Por tanto, no hay una pura lógica de evidencia o siquiera de las hipótesis de prueba, pues cada paradigma en su propio momento ayuda a fijar lo que cuenta como evidencia o prueba. Y las teorías empleadas en la investigación tampoco tienen limpias estructuras deductivas. Sus conceptos habitualmente son más flexibles que precisos. El paradigma como realización suele enseñar-

se, no presentando axiomas ni haciendo deducciones sino dando ejemplos de problemas resueltos y luego empleando ejercicios en el libro de texto para que el aprendiz "transborde" al método de solución de problemas. Incluso hay algunas analogías entre los cambios de gusto y estilo durante las revoluciones artísticas y los cambios de paradigma en la ciencia. Por tanto, Kuhn disiente de todos, del *2* al *8*.

Por cuanto a la unidad de la ciencia, punto *9*, Kuhn convendrá en que ha habido una estrategia triunfal para unir ramas de la ciencia o reducirlas unas a otras. El triunfo aproximado de algunas reducciones es, en sí mismo, un logro que ha servido de modelo a otros intentos: sin embargo, el espíritu del enfoque de Kuhn va contra la unidad de la ciencia. Hay una pluralidad, que no una unidad, en las representaciones del mundo, y las representaciones triunfales enfocan distintos problemas que no necesitan tener mucho en común.

La unidad de la ciencia da por sentado el realismo científico, punto *1*, la idea de que sólo hay un mundo real que tratamos de investigar. Gran parte de lo que Kuhn escribe es congruente con la idea de una realidad a la que construimos diferentes representaciones. El realismo es compatible con *d*, la inconmensurabilidad, pues las representaciones que han surgido de intentos de responder a diferentes problemas no necesariamente se mezclan bien entre sí. Tal vez el mundo sea demasiado complicado para que nosotros logremos una teoría generalista. Aun si nuestras teorías fueran plurales e inconmensurables, podemos seguir pensando que tienden a diferentes aspectos de una totalidad. Sin embargo, algunas de las palabras de Kuhn, a las que atribuye

considerable importancia, van mucho más lejos que a negar simplemente la unidad de la ciencia. Sugiere una doctrina mucho más poderosa, que al desplegar paradigmas sucesivos, casi literalmente llegamos a habitar diferentes mundos.

En conclusión, deseo disipar tres temores generales infundados. En primer lugar, se piensa que Kuhn pide que la filosofía de la ciencia se vuelva parte de la sociología del conocimiento. En particular, debiéramos remplazar la historia "interna" de la ciencia —que estudia el desarrollo del verdadero contenido de una ciencia— por un estudio "externo" de los grupos que practican la ciencia, el medio económico, político, social, educativo y de comunicaciones en el que se encuentran. Ahora bien, Kuhn ciertamente ha inspirado a muchos sociólogos pero considera esencial la historia interna detallada. Y esto no es simplemente un punto acerca de Kuhn. Para comprender el paradigma como realización debemos comprender lo que se ha realizado. El libro más reciente de Kuhn [7] contiene precisamente tal estudio "interno" de los primeros días de la mecánica cuántica: no "interno" en el sentido de que excluye los demás factores sino "interno" al pedir un conocimiento íntimo y preciso de la ciencia de la época.

En segundo lugar, como Kuhn es tan maravilloso popularizador, algunos lectores suponen que podemos discutir sus temas sin prestar mucha atención a los detalles de ninguna ciencia. Uno de los principales defectos de esta antología es que no incluye una historia seria de ninguna ciencia, ni ofrece un entendimiento de cómo se siente trabajar en alguna ciencia antigua, ya un tanto ajena. Precisamente

tal experiencia determinó la propia filosofía de Kuhn. Su escrito sobre la termodinámica [5] es valioso ejemplo elemental de su obra histórica.

En tercer lugar, la excelencia de su libro más célebre como pulido sistema de filosofía puede dejar la sensación de que los otros ensayos de Kuhn no hacen más que reiterar los temas de *La estructura de las revoluciones científicas*. Yo no creo esto. Considérese por ejemplo su notable tesis de que la medición desempeñó un papel muy pequeño en la ciencia física hasta después del decenio de 1840, cuando se convierte en parte integral de casi toda experimentación [6]. Tal escrito trata de encontrar "una función para la medición", así como la selección siguiente es llamada "una función para los experimentos mentales". Empieza con algo común a lo que prestamos poca atención. ¿Debemos encontrar una función para la medición en las ciencias físicas? Kuhn nos sobresalta diciendo que la medición no siempre ha desempeñado su función actual en la ciencia experimental, y que ni aun hoy se la emplea en las formas que todos dan por sentadas. Crea, así, un problema nuevo. Trata de resolverlo en un marco nuevo. La capacidad de Kuhn para transformar el modo en que comprendemos lo familiar es una de las razones de que este historiador se cuente entre los principales filósofos de hoy.

A los lectores les interesará saber que las selecciones de Kuhn y de Feyerabend fueron de su propia elección. Deseo expresar mi especial agradecimiento a Larry Laudan por haber escrito un nuevo artículo para esta colección.

I. UNA FUNCIÓN PARA LOS EXPERIMENTOS MENTALES*

T. S. KUHN

MÁS de una vez los experimentos mentales han desempeñado un papel de crítica importancia en el desarrollo de la ciencia física. El historiador, cuando menos, debe reconocerlos como un útil ocasionalmente poderoso para aumentar la comprensión de la naturaleza por parte del hombre. No obstante, está lejos de ser claro cómo han tenido efectos considerables.

A menudo, como ocurre en el caso del tren de Einstein alcanzado por el rayo en ambos extremos, se ocupan de situaciones que no han sido examinadas en el laboratorio.[1] A veces, como sucede en el caso del microscopio de Bohr-Heisenberg, postulan situa-

* Tomado de *L'aventure de la science, Mélanges Alexandre Koyré*, vol. 2, pp. 307-334, Hermann, París, 1964. Con autorización.

[1] El célebre experimento del tren aparece por primera vez en la popularización de la teoría de la relatividad, de Einstein, *Ueber die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie (Gemeinverständlich)* (Brunswick, 1916). En la quinta edición (1920), que yo he consultado, el experimento aparece descrito en las pp. 14-19. Nótese que este experimento mental sólo es una versión simplificada del empleado en el primer artículo de Einstein sobre la relatividad, "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", *Annalen der Physik* 17, 1905, pp. 891-921. En aquel original experimento mental sólo se emplea una señal luminosa, reflejos en un espejo que ocupa el lugar del otro.

ciones que no pudieron examinarse plenamente y que no es necesario que acontezcan para nada en la naturaleza.[2]

Esta situación hace surgir una serie de enigmas, tres de los cuales serán examinados en esta obra por medio del análisis extenso de un solo ejemplo. Ningún experimento mental puede, por supuesto, explicar todos aquellos que han sido históricamente significativos. La categoría "experimento mental" es en todo caso demasiado amplia y demasiado vaga para que la tomemos como epítome. Muchos experimentos mentales difieren del que examinamos aquí. Pero este ejemplo particular, tomado de la obra de Galileo, tiene un interés propio, y ese interés se ve aumentado por su evidente parecido con ciertos experimentos mentales que resultaron efectivos en la reformulación de la física durante el siglo xx. Aun cuando no analizaré este punto o cuestión, sugiero que el ejemplo pertenece típicamente a una clase importante.

Los principales problemas ocasionados por el es-

[2] W. Heisenberg, "Ueber den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik", *Zeitschrift für Physik* 43, 1927, pp. 172-198. N. Bohr, "The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory", *Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, 11-20 Settembre 1927*, vol. 2, Bolonia, 1928, pp. 565-588. El argumento empieza tratando al electrón como partícula clásica, y analiza su trayectoria antes y después de su colisión con el fotón que se emplea para determinar su posición o velocidad. El resultado debe mostrar que estas mediciones no pueden efectuarse clásicamente y que, por tanto, la descripción inicial ha supuesto más de lo que permite la mecánica cuántica. Sin embargo, tal violación del principio de la mecánica cuántica no disminuye la importancia del experimento mental.

tudio de los experimentos mentales pueden formularse en una serie de preguntas. En primer lugar, puesto que la situación imaginada en un experimento mental, claramente puede no ser arbitraria, ¿a qué condiciones de verosimilitud está sujeta? ¿En qué sentido y en qué extensión puede la situación ser de tal índole que la naturaleza pueda presentarla o lo ha hecho en realidad? Ese enigma, a su vez, señala un segundo enigma. Concediendo que todo experimento mental feliz incluye en su diseño alguna información anterior acerca del mundo, esa información no está en sí misma en disputa en el experimento. Por el contrario, si tenemos que ver con un verdadero experimento mental, los datos empíricos en que se apoya debieron de ser bien conocidos y generalmente aceptados antes de haber concebido el experimento. ¿Cómo, entonces, apoyado exclusivamente en datos familiares, puede un experimento mental conducir a un nuevo conocimiento o a una nueva comprensión de la naturaleza? Finalmente, para formular la tercera pregunta de manera más breve, ¿qué clase de nuevo conocimiento o comprensión puede producirse así? ¿Qué esperan aprender los científicos de los experimentos mentales?

Existe un conjunto bastante sencillo de respuestas a estas preguntas y lo elaboraré con ilustraciones tomadas tanto de la historia como de la psicología, en las dos secciones que siguen a continuación. Dichas respuestas —que son claramente importantes pero que, creo, no absolutamente acertadas— sugieren que la nueva comprensión producida por los *naturaleza* sino más bien del *aparato conceptual* del científico. En este análisis, la función del experimenexperimentos mentales no es una comprensión de la

to mental consiste en ayudar a eliminar la confusión anterior obligando al científico a reconocer las contradicciones inherentes a su manera de pensar desde el principio. A diferencia del descubrimiento de nuevo conocimiento, la eliminación de la confusión existente no significa la exigencia de adicionales datos empíricos, como tampoco es necesario que la situación imaginada aparezca realmente en la naturaleza. Por el contrario, el experimento mental cuya finalidad es eliminar la confusión, está sujeto a una sola condición de verosimilitud. La situación imaginada debe ser una situación a la cual el científico pueda aplicar sus conceptos de la manera en que normalmente los ha empleado antes.

Como son muy convincentes, y como se relacionan estrechamente con la tradición filosófica, estas respuestas requieren un examen detallado y respetuoso. Además, una mirada a ellas nos dará herramientas analíticas esenciales. No obstante, omiten importantes rasgos de la situación histórica en la cual funcionan los experimentos mentales y por lo tanto, en las últimas dos secciones de este trabajo se buscarán respuestas de una clase algo diferente. La tercera sección en particular sugerirá que conduce significativamente al error describir como "contradictoria" o "confusa" la situación del científico antes de la realización del pertinente experimento mental. Estamos más cerca de la verdad si afirmamos que los experimentos mentales ayudan a los científicos a encontrar leyes y teorías diferentes de las que sostenían antes. En este caso, el conocimiento anterior puede haber sido "confuso" y "contradictorio" sólo en el sentido bastante especial y completamente ahistórico que atribuye la confusión

y la contradicción a todas las leyes y teorías que el progreso científico ha obligado a rechazar. Sin embargo, inevitablemente esa descripción sugiere que los efectos de la experimentación mental aun cuando no presente datos nuevos, se acerca mucho más a los de la experimentación real de la que se ha supuesto por lo general. En la última sección intentaremos sugerir cómo pudo suceder esto.

El contexto histórico dentro del cual los verdaderos experimentos mentales ayudan a la reformulación o al reajuste de conceptos existentes es por fuerza extraordinariamente complejo. Por tanto, comienzo con uno más sencillo, por no ser histórico y he escogido con este propósito una transposición conceptual inducida en el laboratorio por el brillante psicólogo infantil suizo Jean Piaget. La justificación de esta aparente desviación de nuestro tema se irá presentando a medida que avancemos. Piaget se ocupa de los niños, exponiéndolos a una auténtica situación de laboratorio y después formulándoles preguntas acerca de dicho experimento. Sin embargo, en sujetos poco más maduros, el mismo efecto habría podido producirse sólo con preguntas y sin recurrir a ninguna exhibición física. Si las mismas preguntas se hubiesen autogenerado, nos enfrentaríamos a una situación pura de experimentación mental que será mostrada en la siguiente sección, tomando el material de la obra de Galileo. Puesto que, por añadido, la particular transposición inducida por el experimento de Galileo es prácticamente la misma producida por Piaget en el laboratorio, podemos aprender mucho comenzando con el caso más elemental.

En la situación de laboratorio de Piaget, se mues-

tran a los niños dos automóviles de juguete de diferentes colores, uno rojo y el otro azul.[3] Durante cada exposición experimental, avanzan ambos autos uniformemente en una línea recta. En algunas ocasiones ambos cubrirán la misma distancia pero en diferentes intervalos de tiempo. En otras exposiciones, los tiempos requeridos fueron los mismos pero uno de los autos cubría una mayor distancia. Finalmente, hubo varios experimentos en los cuales ni las distancias ni los tiempos fueron los mismos. Después de cada carrera, Piaget preguntaba a sus sujetos cuál de los autos se había movido con más ligereza y cómo podía afirmarlo el niño.

Al analizar cómo respondían los niños a las preguntas limito mi atención a un grupo intermedio, con la edad suficiente para aprender algo de los experimentos, y lo bastante pequeño como para que sus respuestas no sean las que un adulto podría dar. Las más de las veces, los niños de este grupo describen como "más rápido" el automóvil que alcanza la meta primero o que corre durante la mayor parte del movimiento. Además, solían continuar aplicando el término de esa manera aun cuando reconocieran que el automóvil "más lento" podía recorrer más espacio que el auto "más ligero" en el mismo tiempo. Examinemos, por ejemplo, una exposición en la que ambos autos partieron de la misma línea, pero en la cual el rojo partió más tarde y luego alcanzó al azul en la meta. Así pues, es típico el siguiente diálogo, con la respuesta del niño

[3] J. Piaget, *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*, París, 1946, particularmente capítulos 6 y 7. Los experimentos descritos más adelante se encuentran en un capítulo posterior.

en cursivas. "¿Partieron al mismo tiempo?" —*No, el azul partió primero.* "¿Llegaron juntos?" —*Sí.* "¿Fue uno de los dos más rápido, o fueron iguales?" —*El azul fue más rápido.*[4] Esas respuestas manifiestan lo que, en bien de la simplicidad, llamaré el criterio de "llegada a la meta" para la aplicación de "más ligero".

Si la llegada a la meta fuera el único criterio empleado por los niños de Piaget no habría nada que los experimentos por sí solos pudieran enseñarles. Podríamos llegar a la conclusión de que su concepto de "más rápido" era diferente del de un adulto pero que, puesto que lo empleaban congruentemente, sólo la intervención de la autoridad paterna o pedagógica podría inducir al cambio. Sin embargo, otros experimentos revelan la existencia de un segundo criterio, e incluso el experimento que acabamos de describir puede hacerlo así. Casi inmediatamente después de registrar la exposición mencionada, fue reajustado el aparato de modo que el auto rojo empezara muy tarde y tuviera que ser movido especialmente y con rapidez suficiente para ponerse a la par del azul al llegar a la meta. En este caso, el diálogo con el mismo niño fue de la siguiente manera. "¿Corrió uno más rápidamente que el otro?" —*El rojo.* "¿Cómo lo sabes?" —LO HE VISTO.[5] Al parecer, cuando los movimientos son suficientemente rápidos, pueden ser percibidos en forma directa y como tales

[4] *Ibid.*, p. 160.

[5] *Ibid.*, p. 161, las cursivas son mías. En este pasaje he traducido *plus fort* como más pronto; en el pasaje anterior, en francés decía *plus vite*. Sin embargo, los propios experimentos indican que en este contexto, aunque tal vez no en todos, las respuestas a las preguntas *plus fort y plus vite* son las mismas.

por los niños (compárese la manera como los adultos "ven" el movimiento de la segunda manecilla de un reloj, con la forma en que observan el cambio de posición del minutero). Algunas veces los niños emplean esa percepción directa del movimiento al identificar el auto más rápido. Por falta de un término más adecuado, llamaré al criterio correspondiente "confusión perceptual".

Es la coexistencia de estos dos criterios, la llegada a la meta y la confusión perceptual, lo que hace posible que los niños aprendan en un laboratorio de Piaget. Incluso sin el laboratorio, tarde o temprano la naturaleza enseñaría la misma lección como a los niños mayores en el grupo de Piaget. No muy a menudo (o los niños no habrían conservado el concepto por tan largo tiempo) sino ocasionalmente, la naturaleza presentará una situación en la cual un cuerpo cuya velocidad percibida directamente sea más lenta y que, sin embargo, llegue primero a la meta. En este caso las dos claves entran en conflicto; es posible que el niño sea movido a decir que ambos cuerpos son "más ligeros" o ambos "más lentos", o que el mismo cuerpo es a la vez "más rápido" y "más lento". Esta experiencia paradójica es la que se genera en el laboratorio de Piaget, con resultados a veces sorprendentes. Sometidos a un solo experimento paradójico, los niños dirán primero que un cuerpo fue "más rápido" y luego aplicarán inmediatamente la misma etiqueta al otro. Sus respuestas se vuelven críticamente dependientes de diferencias menores en el arreglo experimental y en la formulación de las preguntas. Por último, al darse cuenta de la oscilación aparentemente arbitraria de sus respuestas, los niños que son más inteligentes o

que están mejor preparados descubrirán o inventarán la concepción adulta de "más rápido". Con un poco de práctica algunos de ellos la emplearán en el futuro de manera congruente. Esos son los niños que han aprendido de su contacto con el laboratorio de Piaget.

Mas para retornar al conjunto de preguntas que motivaron esta investigación, ¿qué diremos que han aprendido, y de qué? Por el momento me limito a una serie mínima y algo tradicional de las respuestas que constituirá el punto de partida para una sección posterior. Debido a que incluyó dos criterios independientes para aplicar la relación conceptual "más rápido", el aparato mental que los niños de Piaget llevaron a su laboratorio contiene una contradicción implícita. En el laboratorio, el efecto causado por una situación nueva, que incluye las dos exposiciones y el interrogatorio, obligó a los niños a tomar conciencia de esa contradicción. Como resultado, algunos de ellos cambiaron su concepto de "más rápido", acaso bifurcándolo. El concepto original fue dividido en algo parecido a la concepción adulta de "más rápido" y el concepto de "alcanzar la meta primero". El aparato conceptual de los niños probablemente fue entonces más rico y ciertamente más adecuado. Han aprendido a evitar un considerable error conceptual y, de esta manera, a pensar con mayor claridad.

A su vez, esas respuestas ofrecen otra, pues apuntan a la condición única que las situaciones experimentales de Piaget deben satisfacer para lograr una finalidad pedagógica. Es obvio que esas situaciones no necesariamente son arbitrarias. Un psicólogo podría, por razones completamente distintas, pregun-

por los niños (compárese la manera como los adultos "ven" el movimiento de la segunda manecilla de un reloj, con la forma en que observan el cambio de posición del minutero). Algunas veces los niños emplean esa percepción directa del movimiento al identificar el auto más rápido. Por falta de un término más adecuado, llamaré al criterio correspondiente "confusión perceptual".

Es la coexistencia de estos dos criterios, la llegada a la meta y la confusión perceptual, lo que hace posible que los niños aprendan en un laboratorio de Piaget. Incluso sin el laboratorio, tarde o temprano la naturaleza enseñaría la misma lección como a los niños mayores en el grupo de Piaget. No muy a menudo (o los niños no habrían conservado el concepto por tan largo tiempo) sino ocasionalmente, la naturaleza presentará una situación en la cual un cuerpo cuya velocidad percibida directamente sea más lenta y que, sin embargo, llegue primero a la meta. En este caso las dos claves entran en conflicto; es posible que el niño sea movido a decir que ambos cuerpos son "más ligeros" o ambos "más lentos", o que el mismo cuerpo es a la vez "más rápido" y "más lento". Esta experiencia paradójica es la que se genera en el laboratorio de Piaget, con resultados a veces sorprendentes. Sometidos a un solo experimento paradójico, los niños dirán primero que un cuerpo fue "más rápido" y luego aplicarán inmediatamente la misma etiqueta al otro. Sus respuestas se vuelven críticamente dependientes de diferencias menores en el arreglo experimental y en la formulación de las preguntas. Por último, al darse cuenta de la oscilación aparentemente arbitraria de sus respuestas, los niños que son más inteligentes o

que están mejor preparados descubrirán o inventarán la concepción adulta de "más rápido". Con un poco de práctica algunos de ellos la emplearán en el futuro de manera congruente. Esos son los niños que han aprendido de su contacto con el laboratorio de Piaget.

Mas para retornar al conjunto de preguntas que motivaron esta investigación, ¿qué diremos que han aprendido, y de qué? Por el momento me limito a una serie mínima y algo tradicional de las respuestas que constituirá el punto de partida para una sección posterior. Debido a que incluyó dos criterios independientes para aplicar la relación conceptual "más rápido", el aparato mental que los niños de Piaget llevaron a su laboratorio contiene una contradicción implícita. En el laboratorio, el efecto causado por una situación nueva, que incluye las dos exposiciones y el interrogatorio, obligó a los niños a tomar conciencia de esa contradicción. Como resultado, algunos de ellos cambiaron su concepto de "más rápido", acaso bifurcándolo. El concepto original fue dividido en algo parecido a la concepción adulta de "más rápido" y el concepto de "alcanzar la meta primero". El aparato conceptual de los niños probablemente fue entonces más rico y ciertamente más adecuado. Han aprendido a evitar un considerable error conceptual y, de esta manera, a pensar con mayor claridad.

A su vez, esas respuestas ofrecen otra, pues apuntan a la condición única que las situaciones experimentales de Piaget deben satisfacer para lograr una finalidad pedagógica. Es obvio que esas situaciones no necesariamente son arbitrarias. Un psicólogo podría, por razones completamente distintas, pregun-

tarle a un niño si un árbol o una col fueron más rápidos; además, es probable que obtuviera una respuesta,[6] pero el niño no aprendería a pensar con más claridad. Para lograrlo, la situación que se le presenta debe ser pertinente. Debe, por así decirlo, mostrar las claves que habitualmente emplea cuando hace afirmaciones acerca de la velocidad relativa. Por otro lado, aunque las claves deben ser normales, la situación plena no necesariamente tiene que serlo. Si se le presenta una historieta animada mostrando movimientos paradójicos, el niño llegará a las mismas conclusiones acerca de sus conceptos, aunque la naturaleza misma estuviera gobernada por la ley de que los cuerpos más rápidos siempre llegan primero a la meta. No hay, pues, ninguna condición de verosimilitud física. El experimentador puede imaginar cualquier situación que le plazca siempre que permita la aplicación de claves normales.

Tomaremos ahora un caso histórico, pero por lo demás similar, de revisión conceptual, promovido éste por el análisis cercano de una situación imaginaria. Como sucede con los niños en el laboratorio de Piaget, la *Física* de Aristóteles y la tradición que proviene de ella nos da la evidencia de dos criterios diferentes empleados en discusiones acerca de la velocidad. El punto de vista general es muy conocido, pero debemos recalcarlo. En la mayoría de los casos, Aristóteles considera el movimiento o el cambio (es muy común que ambos términos sean inter-

[6] Preguntas como éstas fueron empleadas por Charles E. Osgood para obtener la que llama él "perfil semántico" de varias palabras. Véase su libro reciente, *The Measurement of Meaning*, Urbana, Ill., 1957.

cambiables en su física) como un cambio de estado. Así "todo cambio es *de* algo a algo, como lo indica la propia palabra *metabole*.[7] La reiteración por Aristóteles de afirmaciones como ésta indica que normalmente veía cualquier movimiento que no fuera de cuerpo celeste como un acto finito y completo que debía ser captado como una totalidad. Por consiguiente, mide la cantidad y la velocidad de un movimiento en función de los parámetros que describen sus puntos extremos, el *termini a quo* y el *ad quem* de la física medieval.

Las consecuencias del concepto aristotélico de velocidad son a la vez inmediatas y obvias. Como lo dice él mismo: "El más rápido de dos objetos atraviesa una mayor magnitud en un tiempo igual, una magnitud igual en menos tiempo, y una mayor magnitud en menos tiempo."[8] O si no, "es velocidad igual cuando el *mismo* cambio se logra en un tiempo igual".[9] En estos pasajes, como en muchas otras partes de los escritos de Aristóteles, la concepción implícita de velocidad es muy parecida a lo que podríamos llamar "velocidad media", cantidad equivalente a la proporción de la distancia total respecto al tiempo total transcurrido. Como en el caso del criterio de llegada a la meta, definido por los niños, esta manera de apreciar la velocidad difiere de la nuestra. Pero, asimismo, la diferencia no causará daño, siempre que el criterio de velocidad promedio sea, en sí mismo, empleado congruentemente.

[7] Aristóteles, *Física,* trad. al inglés R. P. Hardie y R. K. Gaye, en *The Works of Aristotle,* vol. 2, Oxford, 1930, pp. 224^{b} 35-$225^{a}1$.

[8] *Ibid.,* 232^{a} 25-27.

[9] *Ibid.,* 249^{b} 4-5.

Sin embargo, como lo que ocurre a los niños de Piaget, desde un punto de vista moderno, Aristóteles no siempre es totalmente coherente. También él parece que posee un criterio parecido a la confusión perceptual del niño para juzgar la velocidad. En particular, algunas veces discrimina entre la velocidad de un cuerpo cerca del comienzo y cerca del final de su movimiento. Por ejemplo, al distinguir los movimientos naturales o provocados, que terminan en descanso, de los movimientos violentos, que requieren de alguien exterior, afirma lo siguiente: "Pero mientras la velocidad de aquello que llega a una parada parece aumentar siempre, la velocidad de aquello que es empujado violentamente parece siempre decrecer."[10] Aquí, como en algunos pasajes similares, no se hace mención al punto final, a la distancia cubierta o al tiempo transcurrido. En lugar de ello, Aristóteles está captando de manera directa y acaso perceptual un aspecto del movimiento que describimos como "velocidad instantánea" y que tiene propiedades completamente distintas de la velocidad promedio. Empero, Aristóteles no hace esa distinción. De hecho, como lo veremos más adelante, importantes aspectos de su física son condicionados por su incapacidad para discriminar. Como resultado, aquellos que usan el concepto aristotélico de velocidad pueden verse frente a paradojas muy parecidas a aquellas con las cuales Piaget confrontaba a sus niños.

Examinaremos a continuación el experimento mental que Galileo empleó para hacer evidentes estas paradojas. Pero debemos primero señalar que en la época de Galileo el concepto de velocidad ya no era

[10] *Ibid.*, 230b 2-25.

el mismo sostenido por Aristóteles. Las famosas técnicas analíticas desarrolladas durante el siglo XIV para tratar la latitud de las formas habían enriquecido el aparato conceptual disponible para los estudiosos del movimiento. En particular, introdujo una diferenciación entre la velocidad total de un movimiento, por un lado, y la intensidad de velocidad en cada punto del movimiento, por el otro. El segundo de estos conceptos se acercaba mucho al moderno concepto de velocidad instantánea; el primero, aunque sólo después de algunas importantes revisiones de Galileo, era un gran paso hacia la concepción contemporánea de la velocidad promedio.[11] Parte de la paradoja implícita en el concepto aristotélico de la velocidad fue eliminada durante la Edad Media, es decir dos siglos y medio antes de que Galileo escribiera su teoría.

Aquella transformación medieval de los conceptos fue, sin embargo, incompleta en un sentido importante. La latitud de las formas puede emplearse para la comparación de dos movimientos diferentes sólo si ambos tienen la misma "extensión", cubren la misma distancia, es decir, consumen el mismo tiempo. La afirmación de Richard Swineshead acerca de la regla mertoniana puede servir para hacer evidente esta limitación también frecuentemente descuidada: si un incremento de la velocidad fuese uniformemente adquirido, entonces "ese mismo espacio sería atravesado por medio de ese incremento... como por medio de un grado inferior [o intensidad

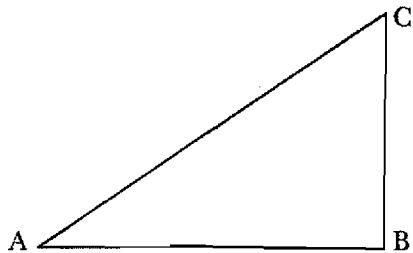
[11] Para un análisis detallado de toda la cuestión de la latitud de las formas, véase Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, Wis., 1959, Segunda Parte.

de la velocidad] de ese incremento suponiendo que algo fuese a desplazarse con ese grado inferior [de velocidad] en todo es tiempo".[12] Aquí, el tiempo transcurrido debe ser el mismo para ambos movimientos, o de lo contrario la técnica de la comparación falla. Si los tiempos transcurridos pudieran ser diferentes, entonces un movimiento uniforme de menor intensidad pero de larga duración podría tener una velocidad total mayor que un movimiento más intenso (es decir, con mayor velocidad instantánea) que durara sólo un corto tiempo. En general, los analistas medievales del movimiento eludían esta dificultad potencial restringiendo su atención a comparaciones que sus técnicas pudieran explicar. Sin embargo, Galileo exigió una técnica más general y al desarrollarla (o cuando menos al enseñarla a otros) empleó un experimento mental que ponía toda la paradoja aristotélica en primer plano. Tenemos dos garantías de que la dificultad era todavía muy real a comienzos del siglo XVII. Una de ellas es la agudeza pedagógica de Galileo; su texto iba dirigido a problemas reales. Más impresionante, quizá, es el hecho de que el propio Galileo no siempre logró eludir la dificultad.[13]

[12] *Ibid.*, p. 290.

[13] El lapso más importante de esta índole ocurre en "El Segundo Día" del *Diálogo de los dos sistemas universales*, de Galileo (véase la traducción al inglés por Stillman Drake, Berkeley, 1953, pp. 199-201). Galileo arguye allí que ningún cuerpo material, por muy ligero que sea, será arrojado de una Tierra en rotación aun si la Tierra gira mucho más rápidamente de lo que en realidad hace. Tal resultado (que el sistema de Galileo requiere: su lapso, aunque sin duda no deliberado, tampoco es inmotivado) se logra tratando la velocidad terminal de un movimiento uniforme-

El experimento pertinente aparece casi al principio de "El Primer Día" en el *Diálogo sobre los dos sistemas del mundo,* de Galileo.[14] Salviati, quien habla en nombre de Galileo, pide a sus dos interlocu-



tores que imaginen dos planos, *CB* vertical y *CA* inclinado, erigidos a la misma distancia vertical encima de un plano horizontal, *AB*. Para ayudar a la imaginación, Salviati incluye un dibujo como el que presentamos en esta misma página. A lo largo de estos dos planos hay que imaginar que dos cuerpos se deslizan o ruedan sin fricción desde un determinado punto de partida común en *C*. Finalmente, Salviati pide a sus interlocutores suponer que cuando los cuerpos que se deslizan lleguen a *A* y *B*, respectivamente, habrán adquirido el mismo ímpetu o velocidad, la velocidad necesaria, por así decirlo,

mente acelerado como si fuera proporcional a la distancia recorrida por el movimiento. Desde luego, la proporción es consecuencia directa de la regla mertoniana, pero sólo es aplicable a movimientos que requieran el mismo tiempo. Los notas de Drake a este pasaje deben examinarse, ya que aportan una interpretación un tanto diferente.

[14] *Ibid.*, pp. 22-27.

para llevarlos nuevamente a la altura vertical de la cual partieron.[15] También esto es concedido y Salviati procede a preguntar a los participantes en el diálogo cuál de los dos cuerpos se desplaza más velozmente. Su propósito es hacerles comprender que, empleando el concepto de velocidad por entonces corriente pueden verse obligados a admitir que el desplazamiento a lo largo del plano perpendicular es al mismo tiempo más rápido que, igual en velocidad y más lento que el desplazamiento a lo largo del plano inclinado. Su objetivo es en este caso hacer que, con esta paradoja, sus interlocutores y lectores se den cuenta de que la velocidad no debe atribuirse a la totalidad de un movimiento sino más bien a sus partes. En suma el experimento mental es, como lo señala el propio Galileo, una propedéutica a la plena discusión del movimiento uniforme y acelerado que tiene lugar en "el tercer discurso" de su obra *Dos nuevas ciencias*. Condensaré y sistematizaré considerablemente el argumento mismo, pues no es necesario que nos interese el detallado toma y daca del discurso. Cuando se les pregunta por primera vez cuál de los cuerpos es más rápido, los interlocutores dan la respuesta a la que todos llegamos, aunque los físicos que se encuentren entre nosotros deberían saberlo mejor. El desplazamiento a lo largo de la perpendicular, dicen, es obviamente

[15] Galileo hace de esta concesión un empleo ligeramente menor del que yo haré más adelante. Hablando estrictamente, su argumento no depende de ella si el plano *CA* puede extenderse más allá de *A* y si el cuerpo que rueda a lo largo del plano extendido continúa ganando velocidad. Por simplicidad, limitaré mi recapitulación sistematizada al plano no extendido, siguiendo la clave aportada por Galileo en la primera parte de su texto.

el más rápido.[16] Aquí, se combinan dos de los tres criterios que ya hemos encontrado. Aunque ambos cuerpos están en movimiento, aquel que se mueve a lo largo de la perpendicular es el "más confuso o borroso". Además el movimiento perpendicular es el que llega primero a la meta.

Esta respuesta obvia e inmensamente atractiva, sin embargo, plantea al punto dificultades que primero son reconocidas por el más inteligente de los interlocútores, Sagredo. Señala (o muy cercanamente; estoy haciendo esta parte del argumento un poco más ceñida que en el original) que la respuesta es incompatible con la concesión inicial. Puesto que ambos cuerpos parten de estar en reposo y como ambos adquieren la misma velocidad final, deben tener la misma velocidad media. ¿Cómo es posible, entonces, que uno sea más ligero que el otro? En este punto, Salviati vuelve a entrar en la discusión, para recordar a sus oyentes que el más ligero de dos movimientos generalmente se define como aquel que cubre la misma distancia en menos tiempo. Sugiere que parte de la dificultad se debe al intento de comparar dos movimientos que cubren diferentes distancias; en lugar de ello, arguye, los participantes en el diálogo debieran comparar los tiempos que requieren los dos cuerpos al desplazarse sobre una distancia que sea común. Como norma escoge la longitud del plano vertical *CB*.

[16] Cualquiera que dude de que ésta es una respuesta muy tentadora y natural debe plantear la pregunta de Galileo, como yo lo he hecho, a estudiantes graduados en física. A menos que previamente se les diga lo que estará en cuestión, muchos de ellos darán la misma respuesta de los interlocutores de Salviati.

Empero, esto sólo empeora el problema. *CA* es más largo que *CB*, y la respuesta a la pregunta sobre qué cuerpo se mueve con más rapidez pasa a depender críticamente de dónde, a lo largo del declive *CA*, se mide la longitud estándar *CB*. Si se mide desde lo alto de la inclinación, entonces el cuerpo que se desplaza en la perpendicular completará su movimiento en menos tiempo que el cuerpo que está en el plano inclinado requiere para recorrer una distancia igual a *CB*. El desplazamiento a lo largo de la perpendicular es, por ende, más rápido. Por otro lado, si la distancia estándar se mide desde el extremo inferior de la inclinación, el cuerpo que se desplaza por la perpendicular necesitará más tiempo para completar su movimiento que el cuerpo sobre la inclinación necesitará para moverse en la misma distancia estándar. Por lo tanto, el movimiento a lo largo de la perpendicular es más lento. Por último, sostiene Salviati, si la distancia *CB* es trazada a lo largo de alguna parte interna apropiada de la inclinación, entonces el tiempo necesario para que los dos cuerpos atraviesen los dos segmentos estándar será el mismo. El desplazamiento sobre la perpendicular tiene la misma velocidad que el de la inclinación. A esta altura, el diálogo ha ofrecido tres respuestas, cada una de ellas incompatible con las otras, a una pregunta única acerca de una situación única.

El resultado, por supuesto, es la paradoja, y ésta es la manera, o una de ellas, en que Galileo preparaba a sus contemporáneos para un cambio de los conceptos empleados al discutir, analizar o experimentar acerca del movimiento. Aunque los nuevos conceptos no fueron desarrollados plenamente para el público hasta la aparición de las *Dos nuevas cien-*

cias, el *Diálogo*. . . ya muestra hacia dónde se encamina el argumento. "Más rápido" y "velocidad" no deben usarse de la manera tradicional. Podemos decir que en un instante particular, un cuerpo tiene una velocidad instantánea mayor que la que otro cuerpo tiene en el mismo periodo en otro instante específico. O bien puede afirmarse que un cuerpo particular recorre una distancia particular más rápidamente que otro que atraviese la misma distancia u otra. Pero los dos tipos de afirmaciones no describen las mismas características del movimiento. "Más rápido" significa algo diferente cuando se aplica, por un lado, a la comparación de promedios instantáneos de desplazamiento en instantes particulares y, por el otro, a la comparación de los tiempos requeridos para que se complete la totalidad de dos movimientos específicos. Un cuerpo puede ser "más rápido" en un sentido y no en el otro.

Esa reforma conceptual es lo que el experimento mental de Galileo ayudó a enseñar, y por ende, podemos formular nuestras antiguas preguntas acerca de ello. Evidentemente, las respuestas mínimas son las mismas que obtenemos al analizar el resultado de los experimentos de Piaget. Los conceptos que Aristóteles aplicó al estudio del movimiento eran en alguna parte contradictorios, y la contradicción no fue eliminada enteramente durante la Edad Media. El experimento mental de Galileo colocó la dificultad en el primer plano, enfrentando a sus lectores a la paradoja implícita en su forma de pensar. Resultado: les ayudó a modificar su aparato conceptual.

Si todo esto es verdadero, entonces podemos observar el criterio de verosimilitud al cual el experimento mental necesariamente debe adaptarse. No

existe ninguna diferencia en el argumento de Galileo sobre si los cuerpos realmente ejecutan en forma acelerada y uniforme un movimiento cuando se desplazan por los planos inclinado y vertical. Tampoco importa si, cuando las alturas de estos planos son las mismas, los dos cuerpos realmente alcanzan iguales velocidades instantáneas en la parte inferior. Galileo no se molesta en analizar estos puntos. Para su finalidad en esta parte del *Diálogo*, basta que podamos suponer estas cosas. Por otro lado, no se sigue de allí que la elección de la situación experimental por Galileo pueda ser arbitraria. Por ejemplo, él no pudo sugerir que consideremos una situación en que el cuerpo se desvanezca al comienzo de su desplazamiento desde *C* y luego reaparezca poco tiempo después en *A* sin haber atravesado la distancia intermedia. Ese experimento ilustraría las limitaciones de la aplicabilidad de "más rápido", pero, cuando menos hasta el reconocimiento de los saltos cuánticos, estas limitaciones no fueron informativas. A partir de ellas, ni nosotros ni los lectores de Galileo podemos aprender algo respecto a los conceptos tradicionalmente empleados. Nunca se pensó aplicar tales conceptos a un caso de esa especie. En suma, para que esta clase de experimentos mentales sean eficaces, deben permitir a quienes los desarrollan o los estudian, emplear conceptos de la misma manera en que han sido empleados antes. Sólo si se cumple con esta condición puede el experimento mental mostrar a su público consecuencias no previstas de sus operaciones conceptuales normales.

A estas alturas, partes esenciales de mi argumento han sido condicionadas por lo que yo considero

como una posición filosófica tradicional en el análisis del pensamiento científico cuando menos desde el siglo XVII.

Para que un experimento mental tenga eficacia, debe presentar, como ya lo hemos visto, una situación normal, es decir, una situación en que quien analiza el experimento se sienta bien equipado por la experiencia anterior. Nada acerca de la situación imaginada puede ser enteramente desconocido. Por tanto, si el experimento depende, como debe ser, de una anterior experiencia, dicha experiencia debe ser en general familiar, antes de que se emprendiera el experimento. Este aspecto de la situación experimental mental parece dictar una de las conclusiones que hasta ahora he sacado continuamente; como no implica una nueva información sobre el mundo, un experimento mental no puede enseñar nada que no fuera conocido antes. O más bien, no puede enseñar nada acerca del mundo. En cambio, enseña al científico cosas respecto a su aparato mental. Su función se limita a la corrección de anteriores errores conceptuales.

No obstante, sospecho que algunos historiadores de la ciencia pueden sentirse incómodos ante esta conclusión, y sugiero que otros deberían estarlo. Hasta cierto punto, la conclusión recuerda demasiado la posición familiar que considera a la teoría tolomeica, la teoría del flogisto, o la teoría térmica como meros errores, confusiones o dogmatismos que una ciencia más liberal o inteligente debió evitar desde el comienzo. En la atmósfera de la historiografía contemporánea, evaluaciones como éstas han llegado a ser cada vez menos plausibles, y el mismo aire de improbabilidad afecta la conclusión que yo

he presentado en este trabajo. Aunque no físico experimental, Aristóteles era un brillante lógico. ¿Habrá cometido, en un asunto tan fundamental para su física, un error tan elemental como el que le hemos atribuido? O si lo ha hecho, ¿habrán sus sucesores durante casi dos milenios continuado el mismo error elemental? ¿Puede una confusión lógica ser todo lo que va implícito, y puede la función de los experimentos mentales ser tan trivial como lo indica este total punto de vista? Creo que la respuesta a todas estas preguntas es "no", y que la raíz de la dificultad está en suponer que, como se apoyan exclusivamente en datos muy conocidos, los experimentos mentales no pueden enseñar nada acerca del mundo. Aunque el vocabulario epistemológico contemporáneo no ofrece locuciones útiles, ahora quiero argüir que de los experimentos mentales la mayoría de la gente aprende sobre sus conceptos y sobre el mundo, a la vez. Al aprender acerca del concepto de la velocidad, los lectores de Galileo también aprenden algo respecto a cómo se desplazan los cuerpos. Lo que sucede con ellos es muy parecido a lo que le ocurre a un hombre, como Lavoisier, que debe asimilar el resultado de un nuevo e inesperado descubrimiento experimental.[17]

Al acercarnos a esta serie de cuestiones centrales, primero pregunto qué pudo querer significar cuando describe el concepto infantil de "más rápido" y el concepto aristotélico de velocidad como "contradictorio" o "confuso". "Contradictorio", cuando menos, sugiere que estos conceptos son como el famoso

[17] Esta observación presupone un análisis de la manera en que surgen nuevos descubrimientos, para lo cuál véase mi [5].

ejemplo del lógico acerca de la cuadratura del círculo, pero eso no puede ser perfectamente cierto. La cuadratura del círculo es contradictoria en el sentido de que no puede ser ejemplificada en ningún mundo posible. Ni siquiera podemos imaginar un objeto que tuviera estas cualidades requeridas. Ni el concepto del niño ni el de Aristóteles son, sin embargo, contradictorios en ese sentido. El concepto infantil de más ligero aparece repetidamente ejemplificado en nuestro propio mundo; la contradicción sólo surge cuando se enfrenta al niño con esa especie relativamente rara de movimiento, en el cual el objeto perceptualmente *más* borroso o confuso *retarda* la llegada a la meta. De manera similar, el concepto de velocidad de Aristóteles con sus dos normas simultáneas, puede aplicarse sin dificultad a la mayoría de los movimientos que vemos a nuestro derredor. Los problemas surgen únicamente para la clase de movimientos, también en este caso bastante raros, en que el criterio de velocidad instantánea y el de velocidad promedio nos conducen a respuestas contradictorias en las aplicaciones cualitativas. En estos dos casos, los conceptos son contradictorios sólo en el sentido de que el individuo que los emplea *corre el riesgo* de la contradicción. Puede, por así decirlo, encontrarse en una situación en que se vea obligado a dar respuestas incompatibles a una sola y única pregunta.

Por supuesto, no es esto lo que se quiere significar cuando se aplica el término "contradictorio" a un concepto. Sin embargo, puede suceder que eso sea lo que tenemos en mente cuando describimos los conceptos examinados antes como "confuso" o "inadecuado para el pensamiento claro". Ciertamente,

esos términos se ajustan mejor a la situación. Empero, implican una norma para la claridad y la adecuación que acaso no tengamos el derecho de aplicar. ¿Debemos exigirles a nuestros conceptos, como no lo hacemos ni podemos hacerlo a nuestras leyes y teorías, que sean aplicables a cualquiera y a todas las situaciones que pudieran surgir en algún mundo posible? ¿No basta exigir a un concepto, como lo hacemos con una ley o teoría, que sea inequívocamente aplicable a toda situación que podamos encontrar?

Para comprender la pertinencia de esas preguntas, imaginemos un mundo en el cual todos los movimientos ocurren a una velocidad uniforme (esa condición es más severa que necesaria, pero hará que el argumento sea más claro. La condición más débil requerida es que ningún cuerpo que sea "más lento", según cualquier criterio, podrá jamás alcanzar a un cuerpo "más ligero". Llamaré "quasiuniformes" a los movimientos que satisfacen esta situación más débil). En un mundo de esta índole, el concepto aristotélico de velocidad no podría ser amenazado jamás por una situación física real, porque la velocidad instantánea y media de cualquier movimiento sería siempre la misma.[18] ¿Qué diríamos entonces si encontrásemos a un científico de este mundo imaginario empleando continuamente el concepto

[18] También podemos imaginar un mundo en que las dos normas empleadas por los niños de Piaget nunca conducirían a contradicción, pero es más complejo y por tanto no haré uso de ello en el argumento siguiente. Sin embargo, permítaseme arriesgar una conjetura que puede ponerse a prueba, acerca de la naturaleza del movimiento en tal mundo. A menos que imiten a sus mayores, los niños que consideran el movimiento a la manera antes descrita deben

aristotélico de velocidad? No diríamos, creo yo, que está confundido. Nada puede ocurrirle a su ciencia o lógica debido a su aplicación del concepto. En cambio, dada nuestra propia experiencia más amplia, y nuestro aparato conceptual correspondiente más rico, es probable que diríamos que, consciente o inconscientemente, él ha incluido en su concepto de velocidad su esperanza de que sólo movimientos uniformes ocurrieran en su mundo. Es decir, llegaríamos a la conclusión de que su concepto funcionó en parte como ley de la naturaleza, una ley que regularmente se satisface en su mundo, pero a la que sólo en ocasiones le sucedería lo mismo en el nuestro.

Por supuesto, en el caso de Aristóteles no podemos decir todo esto. Él sabía, y en ocasiones lo reconoce, que los cuerpos en caída, por ejemplo, aumentan su velocidad a medida que avanzan. Por otra parte, hay muchas pruebas de que Aristóteles mantuvo esta información en la periferia misma de su conciencia científica. Cada vez que pudo hacerlo, lo cual fue frecuente, consideró a los movimientos como uniformes o como si poseyeran las propiedades del movimiento uniforme, y los resultados fueran trascendentes para la mayor parte de su física. Por ejemplo, en la sección anterior examinamos un pasaje tomado de la *Física* que puede pasar por definición de movimiento "más rápido": "La más rápida de dos cosas atraviesa una gran magnitud en igual tiempo, una magnitud igual en menos tiempo y una

ser relativamente insensibles a la importancia de una desventaja en el resultado de una carrera. En cambio, todo parecería depender de la violencia con que se mueven brazos y piernas.

magnitud más grande en menos tiempo." Comparemos esto con el pasaje que inmediatamente le sigue: "Supongamos que *A* es más rápido que *B*. Ahora bien, puesto que de dos cosas la que cambia más pronto es más rápida, en el tiempo *FG*, en el cual *A* ha cambiado de *C* a *D*, *B* no habrá llegado todavía a *D* pero estará cerca."[19] Esta afirmación ya no es toda una definición. En lugar de ello, se refiere al comportamiento físico de los cuerpos "más rápidos" y, en consecuencia, sólo se ocupa de los cuerpos que tienen un movimiento uniforme o casi uniforme.[20] Todo el experimento mental de Galileo tiende a demostrar que esta afirmación y otras parecidas a ella —afirmaciones que parecen ser la inevitable consecuencia de la única definición que el concepto tradicional de "más ligero" apoyará— no son aplicables al mundo tal como lo conocemos y que el concepto, por ende, requiere modificación. No obstante, Aristóteles procede a construir su concepción del movimiento como "quasiuniforme" en lo más profundo de la urdimbre de su sistema.

Por ejemplo, en el párrafo que sigue inmediatamente a aquel del cual tomamos las afirmaciones anteriores, emplea esas afirmaciones para demostrar que el espacio debe ser continuo si el tiempo lo es. Su argumento depende del supuesto, implícito antes, de que si un cuerpo *B* queda detrás de otro cuerpo *A* al final de un desplazamiento, debió de retrasarse en

[19] Aristóteles, *Obras*, 2, 232ª 28-31.

[20] En realidad, desde luego, el primer pasaje no puede ser una definición. Cualquiera de las tres condiciones allí enunciadas podría tener tal función, pero tomar las tres como equivalentes, cual lo hace Aristóteles, tiene las mismas implicaciones físicas que yo ilustro aquí, tomado del segundo pasaje.

todos los puntos intermedios. En tal caso, *B* puede usarse para dividir el espacio y *A* para dividir el tiempo. Si uno es continuo, el otro también debe serlo.[21] Sin embargo, infortunadamente el supuesto no se sostiene, por ejemplo, si el movimiento más lento se desacelera y el más ligero se acelera, y sin embargo Aristóteles no ve ninguna necesidad de excluir movimientos de esa especie. Nuevamente, aquí el argumento depende del que Aristóteles atribuye a todos los movimientos las propiedades cualitativas del cambio uniforme.

La misma concepción del movimiento sostiene los argumentos con los cuales Aristóteles desarrolla sus llamadas leyes cuantitativas del movimiento.[22] Para ilustración, sólo consideremos cómo la distancia cubierta depende del tamaño del cuerpo y del tiempo transcurrido: "Entonces, si el motor *A* ha movido

[21] Aristóteles, *Obras*, 2, 232[b] 21-233[a] 13.

[22] Estas leyes siempre se describen como "cuantitativas", y yo seguiré este uso. Pero resulta difícil creer que pretendieran ser cuantitativas en el sentido de tal término que es corriente en el estudio del movimiento desde Galileo. Tanto en la antigüedad como en la Edad Media, los hombres que regularmente consideraron que la medición era pertinente a la astronomía y que ocasionalmente la emplearon en la óptica analizaron esas leyes del movimiento sin una referencia, así fuera velada, a cualquier tipo de observación cuantitativa. Además, las leyes nunca se aplican a la naturaleza salvo en argumentos que dependen de una *reductio ad absurdum*. A mí, su intención me parece cualitativa; son un enunciado, empleando el vocabulario de las proporciones, de varias regularidades cualitativas correctamente observadas. Esta opinión puede parecer más convincente si recordamos que después de Eudoxio, aún la proporción geométrica fue regularmente interpretada como no-numérica.

a *B* hasta la distancia *C*, en un tiempo *D*, entonces en el mismo tiempo la misma fuerza *A*, moverá ½*B* dos veces la distancia *C* y en un ½*D* moverá ½*B* toda la distancia *C*; pues así se observarán las reglas de la proporción."[23] Es decir, con esas fuerzas y ese medio, la distancia cubierta varía directamente con el tiempo e inversamente con el tamaño del cuerpo.

Para los oídos modernos esta ley resulta inevitablemente extraña, aunque no tanto como usualmente ha parecido.[24] Pero dado el concepto aristotélico de velocidad —un concepto que no provoca problemas en la mayoría de sus aplicaciones— resulta la única ley sencilla disponible. Si el movimiento es tal que la velocidad media y la instantánea son idénticas, entonces, *ceteris paribus*, la distancia recorrida debe ser proporcional al tiempo. Si, por añadidura, suponemos con Aristóteles (y con Newton) que "dos fuerzas, cada una de las cuales lleva por separado uno o dos pesos a una determinada distancia en un punto determinado... moverán los pesos combinados a igual distancia en un tiempo igual", entonces la velocidad debe ser alguna función de la proporción de la fuerza respecto al tamaño del cuerpo.[25] La ley de Aristóteles se deriva de aquí directamente al suponer que la función es la más sencilla disponible: la proporción misma. Acaso ésta no parezca una manera legítima de llegar a las leyes del movi-

[23] Aristóteles, *Obras*, 2, 249^{b} 30-250^{a} 4.

[24] Para una crítica congruente de quienes consideran que esta ley es simplemente absurda, véase Stephen Toulmin, "Criticism in the History of Science: Newton on Absolute Space, Time and Motion, I", *Philosophical Review* 68, 1959, pp. 1-29, particularmente la nota número 1.

[25] Aristóteles, *Obras*, 2, 250^{a} 25-28.

miento, pero los procedimientos de Galileo eran con frecuencia idénticos.[26] En este aspecto particular lo que principalmente diferencia a Galileo de Aristóteles es que el primero comenzó con una distinta concepción de la velocidad. Puesto que él no vio todos los movimientos como casi uniformes, la velocidad no fue la única medida de movimiento que podía cambiar al aplicarse una fuerza, el tamaño del cuerpo, etcétera. Galileo también pudo tomar en cuenta las variaciones de la aceleración.

Estos ejemplos podrían multiplicarse de manera considerable, pero mi concepción puede ya verse claramente. El concepto aristotélico de velocidad, en el cual se fundía algo como los modernos conceptos separados de velocidad promedio y velocidad instantánea, fue parte integral de toda su teoría acerca del movimiento y tuvo implicaciones en toda su física. Pudo desempeñar ese papel porque no era simplemente una definición, confusa o no. En lugar de ello, tuvo implicaciones físicas y actuó en parte como ley de la naturaleza. Esas implicaciones nunca pudieron ser desafiadas por la observación o la lógica en un mundo en que todos los movimientos eran

[26] Por ejemplo, "Por tanto, cuando observo una piedra que inicialmente estaba en reposo y que cae de una posición elevada y que continuamente adquiere nuevos incrementos de velocidad, ¿por qué no he de creer que tales aumentos ocurren de un modo que es excesivamente sencillo y bastante obvio para cualquiera? Si, ahora, examinamos cuidadosamente la cuestión, no encontramos adición o incremento más sencillo del que se repite siempre de la misma manera." *Cf.* Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences* (trad. H. Crew y A. de Salvio), Evanston y Chicago, 1946, pp. 154-155. Sin embargo, Galileo sí procedió a hacer una verificación experimental.

uniformes o casi uniformes, y Aristóteles actuó como si viviera en un mundo así. En realidad, por supuesto, su mundo era diferente, pero aun así su concepto funcionaba tan bien que los potenciales conflictos con la observación pasaban completamente inadvertidos. Y mientras eso ocurrió —hasta que, por así decirlo, las dificultades potenciales de la aplicación del concepto comenzaron a volverse reales— no podemos decir que el concepto aristotélico de la velocidad sea confuso. Claro que podemos decir que estaba "equivocado" o que era "falso" en el mismo sentido en que aplicamos esos términos a las leyes y las teorías anticuadas. Además, podemos afirmar que como el concepto era falso, los hombres que las empleaban *tenían que confundirse,* como les sucede a los interlocutores de Salviati. Pero no podemos, según creo, encontrar algún defecto intrínseco en el concepto mismo. Sus defectos no estriban en su coherencia lógica sino en su incapacidad para adecuarse a la fina estructura del mundo al cual se espera que pueda aplicarse. Por ello, aprender a reconocer sus defectos equivalía necesariamente a aprender acerca del mundo, así como también acerca del concepto.

Si el contenido legislativo de los conceptos individuales parece una concepción poco conocida, ello se debe probablemente al contexto dentro del cual lo he enfocado aquí. A los lingüistas, hace mucho tiempo que esta cuestión les resulta familiar, aunque controvertida, por los escritos de B. L. Whorf.[27] Braithwaite, siguiendo a Ramsey, ha desarrollado

[27] B. L. Whorf, *Language, Thought, and Reality: Selected Writings,* John B. Carroll (comp.), Cambridge, Mass., 1956.

una tesis similar usando modelos lógicos para demostrar la inextricable mezcla de ley y definición que debe caracterizar la función incluso de conceptos científicos relativamente elementales.[28] Más acordes con la cuestión son las varias discusiones lógicas recientes acerca del uso de "frases de reducción" al formar conceptos científicos. Se trata de frases que especifican (de una manera lógica que aquí no nos interesa) las condiciones de observación o prueba a las cuales puede someterse un concepto determinado. En la práctica, corren estrechamente paralelas a los contextos en que la mayoría de los conceptos científicos se adquieren en la realidad, y ello hace que sus dos características más sobresalientes sean de particular significación. En primer lugar, se requieren varias frases de reducción —a veces muchísimas— para dar a un concepto determinado la gama de aplicación requerida para su uso en la teoría científica. En segundo lugar, tan pronto como se utiliza una frase de reducción para introducir un concepto único, esas oraciones implican "ciertas afirmaciones que tienen el carácter de leyes empíricas... Conjuntos de oraciones de reducción combinan de manera peculiar las funciones de concepto y de formación de teorías".[29] Esta cita, con la oración que

[28] R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation*, (Cambridge, 1953), pp. 50-87. Y véase también W. V. O. Quine, "Two Dogmas of Empiricism", en *From a Logical Point of View*, Cambridge, Mass., 1953, pp. 20-46.

[29] C. G. Hempel, *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, vol. 2, núm. 7, en la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, 1952. La discusión fundamental de las frases sobre reducción se encuentra en Rudolph Carnap, "Testability and Meaning", *Philosophy of Science* 3, 1936, pp. 420-471, y 4, 1937, pp. 2-40.

la precede, describe muy de cerca la situación que acabamos de examinar.

Sin embargo, no necesitamos hacer la transición completa a la lógica y la filosofía de la ciencia para reconocer la función legislativa de los conceptos científicos. De modo diferente ya es conocida de todo historiador que haya estudiado de cerca la evolución de conceptos tales como elemento, especie, masa, fuerza, espacio, calórico o energía.[30] Estos y otros conceptos científicos se encuentran invariablemente dentro de una matriz de ley, teoría y expectación, de los cuales no puede extraerse del todo en favor de la definición. Para descubrir qué significan, el historiador debe examinar tanto lo que se dice de ellos como la manera en que son utilizados. En el proceso, por lo regular descubre muchos diferen-

[30] Los casos del calórico y de la masa son particularmente instructivos, el primero porque corre paralelo al caso antes analizado, el segundo porque invierte la línea de desarrollo. A menudo se ha indicado que Sadi Carnot derivó buenos resultados experimentales de la teoría calórica porque su concepto del calor combinó características que después hubo que distribuir entre el calor y la entropía (véase mi discusión con V. K. La Mer, *American Journal of Physics* 22, 1954, pp. 20-27; 23, 1955, pp. 91-102 y 387-389. El último de los artículos formula el punto de la manera aquí requerida). La masa, en cambio, muestra una línea de desarrollo opuesta. En la teoría newtoniana, la masa inercial y la masa gravitacional son conceptos separados, medidos de modos distintos. Se necesita una ley de la naturaleza experimentalmente probada, para decir que las dos clases de mediciones siempre darán, dentro de los límites instrumentales, los mismos resultados. Sin embargo, de acuerdo con la relatividad general, no se necesita ninguna ley experimental en particular. Las dos mediciones *deben* dar el mismo resultado porque miden la misma cantidad.

tes criterios que gobiernan su uso y cuya coexistencia sólo puede ser comprendida por referencia a muchas otras creencias científicas (y a veces extracientíficas) que guían a quienes los usan. De ello se sigue que estos conceptos no fueron pensados para su aplicación a algún mundo posible sino sólo al mundo tal como el científico lo ve. Su utilización constituye un indicio de su compromiso con un cuerpo mayor de ley y teoría a la inversa, el contenido legislativo de ese cuerpo más amplio queda implicado por los conceptos mismos. Ésa es la razón de que, aunque muchos de ellos tienen historias coextensivas con las historias de las ciencias en las cuales funcionan, su significado y sus normas de utilización hayan cambiado con tanta frecuencia y tan drásticamente en el curso del desarrollo científico.

Por último, volviendo al concepto de velocidad, notemos que la reformulación de Galileo no lo volvió para siempre lógicamente puro. Sólo quedó más libre que su predecesor aristotélico de implicaciones acerca de la manera como la naturaleza debe actuar. Como resultado, nuevamente según el concepto aristotélico de velocidad, puede ponerse en duda por la experiencia acumulada, y es lo que ocurrió a finales del siglo pasado y a comienzos del actual. El episodio es demasiado conocido, de modo que no requiere discusión ni análisis extenso. Cuando se aplica a los movimientos acelerados, el concepto galileico de velocidad implica la existencia de un conjunto de sistemas espaciales de referencia físicamente no acelerados. Ésta es la lección del experimento de Newton con el cubo o balde, lección que ninguno de los relativistas de los siglos XVII y XVIII pudo descartar. Además, cuando se aplica a los movimientos lineales,

el revisado concepto de velocidad empleado en este trabajo implica la validez de las llamadas ecuaciones de transformación de Galileo, y éstas especifican propiedades físicas, por ejemplo la aditividad de la velocidad de la materia o de la luz. Sin tener que apelar a ninguna superestructura de leyes y teorías como las de Newton, ofrecen información enormemente significativas sobre cómo es el mundo.

O, antes bien, eso era lo que hacían. Uno de los primeros grandes triunfos de la física del siglo XX fue el reconocimiento de que esa información podía cuestionarse, y la consiguiente reelaboración de los conceptos de velocidad, espacio y tiempo. Además, en esta conceptualización volvemos a encontrar que los experimentos mentales desempeñaron un papel muy importante. El proceso histórico que acabamos de analizar a través de la obra de Galileo se ha repetido desde entonces con respecto a la misma constelación de conceptos. Es perfectamente posible que vuelva a ocurrir, pues se trata de uno de los procesos fundamentales por medio de los cuales la ciencia avanza.

A estas alturas casi he completado mi argumento. Para descubrir el elemento que todavía falta, permítaseme recapitular brevemente los principales puntos analizados hasta ahora. Comencé sugiriendo que una importante clase de experimentos mentales funciona enfrentando al científico con una contradicción o conflicto implícito en su modo de pensar. El reconocimiento de la contradicción se presenta entonces como una propedéutica esencial para su eliminación. Como resultado del experimento mental se inventaron conceptos claros para remplazar

a los confusos antes empleados. Empero, un examen más detenido revela una dificultad esencial en este análisis. Los conceptos "corregidos" en la secuela de los experimentos mentales no presentan ninguna confusión *intrínseca*. Si su utilización planteó problemas al científico, dichos problemas fueron los que normalmente ocurren con el uso de cualquier ley o teoría basadas en la experimentación. Surgen, por así decirlo, no sólo de su equipo mental sino de las dificultades descubiertas en el intento por adecuar ese equipo a una experiencia previamente no asimilada. La naturaleza, más que la lógica sola, fue responsable de esta aparente confusión. Esta situación me llevó a sugerir que a partir de la clase de experimento mental aquí examinada, el científico aprende acerca del mundo, así como acerca de sus concepto. Históricamente, su papel es muy cercano al doble desempeñado por experimentos y observaciones de laboratorio. En primer lugar, los experimentos mentales pueden revelar la negativa de la naturaleza a adaptarse a una serie de expectativas previas. Además, pueden sugerir maneras particulares en que deben revisarse tanto la expectación como la teoría.

¿Pero cómo —para plantear el restante problema— pueden hacer eso? Los experimentos de laboratorio desempeñan estos papeles porque dan al científico una información nueva e inesperada. Por el contrario, los experimentos mentales deben basarse totalmente en información que ya se tenga a mano. Si ambos pueden desempeñar esos papeles similares, ello debe ser porque, en ocasiones, los experimentos mentales le dan al científico acceso a información que tiene a mano y que, sin embargo,

le resulta inaccesible. Permítaseme ahora indicar, aunque necesariamente de manera breve e incompleta, cómo puede ocurrir esto.

En otra parte he señalado que el desarrollo de una especialidad científica madura está normalmente determinado por el conjunto de conceptos, leyes, teorías y técnicas instrumentales, estrechamente integrado, que el individuo adquiere a partir de la educación profesional.[31] Esa urdimbre de creencias y expectativas nos dice cómo es el mundo, y simultáneamente define los problemas que todavía exigen atención profesional. Dichos problemas son los que, cuando son resueltos, extienden la precisión y los alcances del ajuste entre la creencia existente, por un lado, y la observación de la naturaleza, por el otro. Cuando los problemas son escogidos de esta manera, el éxito del pasado suele asegurar también el éxito futuro; una razón de que la investigación científica parezca avanzar firmemente de un problema resuelto a otro problema resuelto es que los profesionales limitan su atención a los problemas definidos por las técnicas conceptuales e instrumentales que ya tienen a mano.

Sin embargo, aunque el modo de selección de los problemas haga particularmente probable el éxito a corto plazo, también garantiza fallas a largo plazo, que incluso resultan más graves para el avance científico. Aun los datos que este restringido esquema de

[31] Para análisis incompletos de este punto y de los siguientes, véanse mis artículos [4] y "The Function of Dogma in Scientific Research", en *Scientific Change*, A. C. Crombie (comp.), Nueva York, 1963, pp. 347-369. Todo el tema es tratado más completamente y con muchos ejemplos adicionales en [1].

investigación presenta al científico nunca se adecuan entera o precisamente a sus expectativas, inducidas por la teoría. Algunas de estas fallas de ajuste causan los comunes problemas de investigación; otros son empujados a la periferia de la conciencia y otros son suprimidos por completo. Por lo general, esta incapacidad de reconocer y enfrentar la anomalía se justifica en cada caso. Las más de las veces, los ajustes instrumentales menores o las pequeñas articulaciones de la teoría existente acaban por reducir la aparente anomalía a la ley. Dejar sin solución las anomalías cuando se les hace frente por primera vez equivale a invitar a la continua distracción.[32] Pero no todas las anomalías responden a los ajustes menores de la existente urdimbre conceptual e instrumental. Entre las que no hacen esto hay algunas que, ya por ser particularmente sorprendentes, o ya por aparecer repetidas veces en muchos laboratorios diferentes, no pueden pasarse por alto indefinidamente. Aunque quedan sin asimilar, chocan con fuerza creciente con la conciencia de la comunidad científica.

A medida que este proceso continúa, cambia gradualmente el esquema de investigación de la comunidad. Al principio, aparecen cada vez con mayor frecuencia los informes de observaciones no asimiladas en las páginas de las notas de laboratorio o como apartes en los informes publicados. Luego, cada vez más investigación se dedica a la anomalía misma. Aquellos que están tratando de convertirla en ley discutirán cada vez más acerca del significado de los conceptos y las teorías que por largo

[32] Muchos testimonios sobre este punto se encuentran en [76], particularmente en el capítulo 9.

tiempo sostuvieron en común sin percibir la ambigüedad. Unos pocos comenzarán a analizar críticamente el tejido de creencias que ha llevado a la comunidad al callejón sin salida. En ocasiones, incluso la filosofía se volverá un legítimo instrumento científico, lo que de ordinario no es. Creo que algunos o todos estos síntomas de la crisis de la comunidad son preludio invariable de una fundamental reconceptualización que la supresión de una obstinada anomalía casi siempre requiere. Típicamente, esa crisis sólo concluye cuando algún individuo o grupo muy imaginativo elabora una nueva urdimbre de leyes, teorías y conceptos; urdimbre que puede asimilar la anterior experiencia incongruente y, más que nada, la anterior experiencia asimilada.

En otra parte he denominado revolución científica a este proceso de reconceptualización. Tales revoluciones no necesariamente son tan totales como lo implica el esquema anterior, pero todas ellas comparten con él una característica esencial. Los datos requeridos por la revolución han existido antes o se encuentran en el umbral de la conciencia científica; el surgimiento de la crisis los trae al centro de la atención, y la reconceptualización revolucionaria permite que se los vea de una manera nueva.[33] Lo que se sabía vagamente a pesar del equipo mental anterior a la revolución, *a posteriori* se conoce de una manera precisa, debido a su equipo mental.

[33] La frase "les permite ser vistos de una manera nueva" debe quedar aquí como metáfora, aunque yo pretendo que sea totalmente literal. N. R. Hanson [18] ya ha sostenido que lo que ven los científicos depende de sus creencias y su preparación anteriores, y muchos testimonios sobre este punto se encontrarán en [1].

Esta conclusión, o constelación de conclusiones es, por supuesto, a la vez demasiado grandiosa y demasiado oscura para ser documentada de un modo general en este trabajo. Sin embargo, sugiero que en una aplicación limitada, un buen número de sus elementos esenciales ya ha sido documentado. Una crisis inducida por el fracaso de las expectativas y seguida de una revolución, se encuentra en el meollo de las situaciones de experimentos mentales que hemos venido examinando. Y a la inversa, el experimento mental es uno de los esenciales útiles analíticos que aparecen durante la crisis y que después ayudan a promover la reforma conceptual básica. El resultado de los experimentos mentales puede ser el mismo de los de las revoluciones científicas: pueden capacitar al científico a emplear como parte integral de su conocimiento lo que ese mismo conocimiento antes le hacía inaccesible. Éste es el sentido en el cual cambian su conocimiento del mundo. Y como pueden tener ese efecto, se acumulan de manera tan notable en las obras de hombres como Aristóteles, Galileo, Descartes, Einstein y Bohr, los grandes tejedores de las nuevas urdimbres conceptuales.

Volvamos ahora brevemente y por última vez a nuestros propios experimentos, tanto de Piaget como de Galileo. Creo que lo que se nos dificulta es que encontramos implícitas en la mentalidad preexperimental leyes de la naturaleza que entran en conflicto con la información que nosotros estábamos seguros de que ya poseían nuestros sujetos. En realidad, solamente porque poseían la información podían aprender de la situación experimental. En tales circunstancias nos deja perplejos su incapacidad para ver

el conflicto; ya estamos seguros de algo que ellos todavía tienen que aprender; y por ello, nos vemos tentados a considerarlos como confusos. Considero que esa forma de describir la situación no era del todo errónea, pero se prestaba a falsas interpretaciones. Aunque mi propio sustituto final debe quedar en parte como metáfora, aventuro, en su lugar, la siguiente descripción.

Durante algún tiempo antes que tropezásemos con ellos, nuestros sujetos, en sus tratos con la naturaleza, habían empleado con éxito un tejido conceptual diferente del que nosotros usamos. Este tejido ha pasado la prueba del tiempo; todavía no se ha enfrentado con dificultades. No obstante, en el momento en que los encontramos, al final, han adquirido una variedad de experiencia que no puede ser asimilada por su manera tradicional de tratar con el mundo. En este sentido, tienen a mano toda la experiencia requerida para una fundamental reelaboración de sus conceptos, pero hay algo en esa experiencia que ellos todavía no han captado. Precisamente por eso estaban sujetos a confusión, y acaso ya se sentían incómodos.[34] Empero, la total confusión sobreviene sólo en la situación de experimento mental, y entonces llega como un preludio de superación. Al transformar la anomalía sentida en contradicción concreta, el experimento mental informa a nuestros sujetos sobre qué anda mal. Esa

[34] Desde luego, los niños de Piaget no se mostraban incómodos (al menos, no por razones pertinentes) hasta que se les mostraron sus experimentos. Sin embargo, en la situación histórica, los experimentos mentales generalmente son provocados por una creciente conciencia de que se trata de algo, en alguna parte.

primera visión clara del desajuste entre experiencia y expectación implícita ofrece las claves necesarias para enderezar la situación.

¿Qué características debe tener un experimento mental para ser capaz de estos efectos? Todavía se sostiene una parte de mi respuesta anterior. Si va a revelar un desajuste entre el aparato conceptual tradicional y la naturaleza, la situación imaginaria debe permitir al científico emplear sus conceptos usuales de la manera en que los utilizó anteriormente. No debe, por así decirlo, violentar el uso normal. Por otro lado, la parte de mi respuesta anterior que trata de la verosimilitud física necesita ahora una revisión. Presumía que los experimentos mentales iban dirigidos a las contradicciones o confusiones puramente lógicas; por lo tanto, bastaría cualquier situación que mostrara esas contradicciones; no habría entonces ninguna condición de verosimilitud física. Sin embargo, si suponemos que la naturaleza y el aparato conceptual se implican mutuamente en la contradicción planteada por los experimentos mentales, se requiere una condición más fuerte. Aunque la situación imaginaria no necesita siquiera ser potencialmente realizable en la naturaleza, el conflicto deducido de ella debe ser tal que la naturaleza misma pudiera presentarlo. En realidad, ni aun esa condición es lo bastante fuerte. El conflicto al que se enfrenta el científico en la situación experimental debe ser un conflicto que, aunque visto con poca claridad, ya se le haya presentado en otras situaciones. A menos que ya haya tenido esa gran experiencia, todavía no estará preparado para aprender de los solos experimentos mentales.

II. SIGNIFICADO Y CAMBIO CIENTÍFICO*

DUDLEY SHAPERE

LA REVOLUCIÓN CONTRA EL POSITIVISMO

EN LA pasada década, una revolución —o cuando menos una rebelión— ocurrió en la filosofía de la ciencia.

Han surgido opiniones que pretenden ser radicalmente nuevas no sólo en sus doctrinas acerca de la ciencia y su evolución y estructura sino también en sus concepciones sobre los métodos apropiados para resolver los problemas de filosofía de la ciencia, e incluso respecto a cuáles son esos problemas. Será propósito primordial de este capítulo examinar alguno de los dogmas o credos de esta revolución, con objeto de determinar qué hay en ellos de valor permanente para todos los que desean comprender la naturaleza de la ciencia.

Pero antes de proceder a este estudio, valdrá la pena examinar algunas de las fuentes de estas nuevas concepciones; lo primero que hay que hacer al respecto es resumir (con considerable riesgo de simplificar demasiado) algunos de los principales rasgos del enfoque de la filosofía de la ciencia contra

* Tomado de *Mind & Cosmos: Essays in Contemporary Science & Philosophy*, editado por Robert G. Colodny, pp. 41-85, University of Pittsburgh Press, 1966. Reproducido con autorización.

los cuales están reaccionando en parte estos nuevos enfoques.[1]

La corriente principal de la filosofía de la ciencia a mediados de este siglo —el llamado movimiento "empirista lógico" o "positivista lógico" y sus opiniones relacionadas— se caracterizaba por confiar demasiado en las técnicas de la lógica matemática para formular y tratar sus problemas. La filosofía de la ciencia (y de hecho, la filosofía en general) fue declarada "la lógica de la ciencia", epíteto que significa atribuir al sujeto una considerable cantidad de rasgos importantes. En primer lugar, se debe concebir la filosofía de la ciencia según la analogía de la lógica formal.

Así como en un tiempo se supo que la lógica formal, desde Aristóteles, se ocupaba de la "forma" más que del "contenido" de proposiciones y argumentos, así también la filosofía de la ciencia se ocupaba de la "forma" —la "forma lógica"— de

[1] Lo que sigue no pretende ser una descripción de opiniones a todas las cuales necesariamente se adhiera cualquier pensador sino, antes bien, una destilación de puntos de vista que están muy difundidos. Tal vez los escritores que más se han acercado a la caracterización aquí presentada son Rudolf Carnap y Carl Hempel, al menos en algunas de sus obras, aun cuando acaso ni ellos mismos aceptaran las doctrinas que aquí esbozamos. Sin embargo, el sumario me parece que representa corrientes descubiertas en muchos escritos sobre temas como la teoría de la verificabilidad del significado, la explicación, la apariencia de legalidad, los condicionales contrafácticos, los términos teóricos y observacionales, la inducción, las reglas de correspondencia, etc. A la inversa, muchos escritores, cuyo trabajo coincide al menos hasta cierto grado con la descripción dada aquí, podrían objetar el marbete de "empirista lógico".

las afirmaciones científicas, más que de su "contenido", por ejemplo, de la estructura lógica de *todas las posibles* afirmaciones que pretendieran ser leyes científicas, más que de cualquiera de esas afirmaciones en particular, del esqueleto lógico de *cualquier posible* teoría científica, más que de las particulares teorías realmente científicas, del esquema lógico de cualquier explicación científica posible más que de explicaciones científicas particulares, de las relaciones lógicas entre las afirmaciones de evidencia y las conclusiones teóricas, más que de los análisis científicos particulares. Desde luego, se supuso que las conclusiones filosóficas a las que se llegó, en principio, serían puestas a prueba contra la verdadera práctica científica, pero el verdadero trabajo del filósofo de la ciencia era la construcción de adecuadas representaciones formales de las expresiones científicas en general, más que los detalles del particular trabajo científico actual (y mucho menos la obra científica pasada).[2]

De otra manera, la analogía entre la lógica y "la lógica de la ciencia" puede sacarse de un modo que en muchos sentidos es más revelador. Así como los lógicos modernos establecen una distinción entre la lógica propiamente dicha —sistemas particulares de lógica, formulados en un "lenguaje-objeto"— y la metalógica, que consiste en un análisis de las expresiones (como "verdadero", "probable", "es un teorema") que se aplican a afirmaciones y secuencias de afirmaciones expresadas en el lenguaje-objeto, de manera que también "la lógica de la ciencia" puede

[2] Hubo, desde luego, algunas excepciones notables en este relato: por ejemplo, el trabajo de Carnap y de Reichenbach sobre la relatividad y la teoría cuántica.

verse en el sentido de que se ocupa primordialmente del análisis de expresiones que se aplican a los verdaderos términos o afirmaciones científicos, que se usan al hablar acerca de la ciencia (expresiones como "es una ley", "es significativo", "es una explicación", "es una teoría", "es una prueba para", "confirma en mayor grado que").

Sobre la base de cada analogía, se pueden sacar algunas conclusiones que tendrán importancia para nuestro análisis posterior. En primer lugar, puesto que la filosofía de la ciencia, así concebida, no trata de las teorías científicas particulares, es inmune a las vicisitudes de la ciencia, a los altibajos de las teorías científicas particulares, pues esos cambios tienen que ver con el contenido de la ciencia, mientras que el filósofo de la ciencia se interesa en su estructura, no en teorías mortales específicas sino en las características de toda posible teoría; en el significado del propio término "teoría". De ello también se desprende que el filósofo de la ciencia, en la medida en que tiene éxito, nos ofrecerá un análisis *final* de las expresiones que analiza; al darnos las características, por ejemplo, de todas las explicaciones posibles, está dándonos *a fortiori* las características formales de todas las explicaciones futuras. Así pues, se supone que puede darse una explicación reveladora de términos tales como el propio "explicación" que siempre será verdad, aunque las explicaciones científicas particulares puedan cambiar de una teoría a otra, pese a que aquello que es *esencial* para ser una explicación —los rasgos mismos que hacen merecer el título de "explicación"— puede formularse de una vez por todas, y además, aquellas características esenciales pueden expresarse

en términos puramente lógicos, como características de la forma o estructura de la explicación.

Además de concebir la filosofía de la ciencia a lo largo de los lineamientos de la lógica formal como modelo, la tradición "lógica empirista" también *usaba* las técnicas de la moderna lógica matemática al enfocar sus problemas. Así pues, se alzaban fatales objeciones contra concepciones propuestas, debido a alguna falla o defecto en la formulación lógica de la posición; y tales dificultades no se superarían abandonando el terreno seguro de la formulación en términos de la lógica matemática ya bien desarrollada sino más bien haciendo una reformulación más satisfactoria en términos de esa lógica. También en este caso, se concebía a las teorías científicas como si fueran sistemas axiomáticos (o axiomatizables) cuya conexión con la experiencia se lograría mediante "reglas de interpretación", con características generales que podían plantearse nuevamente en términos formales. Por consiguiente, las conclusiones de la filosofía de la ciencia, según se suponía, eran aplicables sólo a las teorías científicas más desarrolladas, aquellas que habían alcanzado una etapa de articulación y refinamiento que permitía tratarlas como sistemas axiomáticos precisamente —y completamente— formulados, con reglas precisas de interpretación. (Puede dudarse que cualquier teoría científica haya alcanzado nunca ese prístino estado de terminación, o si siquiera tenía sentido hablar de precisión en ese sentido absoluto, en relación con los conceptos y las teorías científicos.) Por ende, no se consideraba pertinente para la filosofía de la ciencia un examen de la historia de la ciencia. Esta concentración en sistemas perfec-

cionados (incluso idealizados) era parte de lo que implicaba la frase "No existe una lógica del descubrimiento", en la medida en que el desarrollo de la ciencia era considerado como un proceso de creciente acumulación de conocimiento, en que hechos y teorías anteriores se incorporarían en (o se reducirían a) teorías posteriores como casos especiales aplicables en ámbitos limitados de experiencia.

En resumen, todo esto constituía el aspecto "lógico" del empirismo lógico. El aspecto "empírico" consistía en creer, por parte de esos filósofos, que de manera precisa y formalmente especificable, toda teoría científica debía basarse en la experiencia, tanto en lo referente a los significados de los términos como a la aceptabilidad de las afirmaciones. Con el propósito de demostrar cómo los significados de los términos se basaban en la experiencia, se hizo una distinción entre "términos teóricos" y "términos de observación", y una parte fundamental del programa del empirismo lógico consistió en el intento de mostrar cómo la primera clase de términos podía "interpretarse" sobre la base de la segunda. Se consideró que los términos de observación no planteaban problemas con respecto a su significado, puesto que se referían directamente a la experiencia. En cuanto a la aceptabilidad de las afirmaciones, el programa demostraría cómo las hipótesis científicas se relacionaban con las pruebas empíricas, verificándolas o falsándolas (o confirmándolas y refutándolas); y si acaso existían otros factores (tales como "simplicidad") aparte de las pruebas empíricas que influyeran sobre la aceptabilidad de las hipótesis científicas, estos otros factores, si eran posibles, se caracterizarían en términos formales tan rigurosa-

mente como el concepto de verificación (o confirmación).

Las opiniones presentadas hasta aquí dentro del marco general del empirismo lógico no han tenido un éxito incondicional. Aunque se han hecho, con considerable detalle, análisis del significado, de la diferencia entre términos teóricos y de observación, de la interpretación de los primeros con base en los segundos, de la condición de ley, de la explicación, de la aceptación de teorías, etcétera, se han visto sujetos a crítica seria. Se han hecho continuos esfuerzos por adaptar y extender estos análisis para responder a las críticas y, después de todo, los programas del empirismo lógico no son *empresas* contradictorias, de modo que siempre se puede tener esperanza de que puedan tener éxito. Pero, debido a la multitud de dificultades a que siempre han estado expuestos, muchos filósofos piensan que se requiere un enfoque totalmente nuevo a los problemas de la filosofía de la ciencia.[3]

Además de tales críticas a las concepciones específicas, también se han planteado objeciones contra el enfoque empirista lógico general de tratar de resolver los problemas de la filosofía de la ciencia aplicando las técnicas de la lógica formal o una analogía con ella, pues al concentrarse en los problemas técnicos de la lógica, la tradición empirista

[3] Ha habido buen número de variedades de esfuerzos para desarrollar varios enfoques: entre ellos destacan, además de las ideas que analizaremos en este ensayo, la obra de Nelson Goodman (*Fact, Fiction and Forecast*, Cambridge, Harvard University Press, 1955), y de los filósofos que han tratado de crear nuevos tipos de lógica (*modal*, por ejemplo), con la esperanza de que resulten más apropiadas para enfrentarse a problemas filosóficos.

lógica ha tendido a perder todo contacto estrecho con la ciencia, y los análisis con frecuencia han sido acusados de no ser pertinentes a la verdadera ciencia. Aun cuando esta crítica a veces se exagera, algo de cierto tiene, pues en su participación con detalles lógicos (a menudo sin más que una discusión precipitada de cualquier aplicación a la ciencia), en su pretensión de estar hablando sólo acerca de teorías científicas completamente desarrolladas (si es que puede existir ese tipo de teoría), y al no ocuparse de cuestiones acerca del desarrollo histórico de la ciencia real, los empiristas lógicos se han expuesto verdaderamente a la crítica de ser, a pesar de su profesado empirismo, demasiado racionalistas al dejar de mantener un ojo atento a los hechos que constituyen la materia de la filosofía de la ciencia.

Ese desencanto de la manera general de enfoque que ha dominado en la filosofía de la ciencia, cuando menos desde los comienzos del Círculo de Viena, ha sido reforzado por avances en otras partes. Muchos de los que proponen la "rebelión" contra el empirismo lógico han sido muy influidos por la posterior filosofía de Ludwig Wittgenstein,[4] que en sí misma era, en parte, una reacción contra el intento de tratar todos los casos posibles por medio del "lenguaje ideal" de la lógica. Wittgenstein advirtió que muchísimas funciones del lenguaje pueden pasarse por alto si se le toma simplemente como un cálculo, y los filósofos de la ciencia han encontrado aplicación a esta advertencia, señalando funciones, por ejemplo, de leyes científicas que no pueden ser

[4] L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations* (traducido al inglés por G. E. M. Anscombe), Nueva York, Macmillan, 1953.

advertidas si se las considera únicamente en función de su forma lógica.[5]

Otros pensadores han sido influidos para volverse hacia un nuevo enfoque no positivista de la filosofía de la ciencia por desarrollos de la ciencia misma. Esto es lo que ocurre particularmente con Paul Feyerabend, cuya obra se aparta no sólo de una reacción contra el empirismo contemporáneo sino también de su oposición a ciertos rasgos de la Interpretación Copenhague de la teoría cuántica [60]. Feyerabend ataca como dogmático el concepto de la Interpretación de Copenhague para el cual todos los desarrollos futuros de la teoría microfísica tendrán que mantener ciertos rasgos de la actual teoría, o de lo contrario caerán en incongruencia formal o empírica. Caracteriza esta concepción como opuesta al espíritu del verdadero empirismo; pero, como lo veremos en seguida, encuentra la misma clase de dogmatismo inherente a las versiones contemporáneas (y pasadas) del empirismo, en particular los análisis actuales de la naturaleza de la explicación científica y de la reducción de una teoría científica a otra.

Pero, con mucho, la más profunda influencia plasmadora de las nuevas tendencias en la filosofía de la ciencia proviene de los resultados logrados por la nueva disciplina profesionalizada de la historia

[5] Pero Paul Feyerabend, cuyas opiniones serán analizadas en este ensayo, no ha sido particularmente influido por este enfoque y se ha opuesto a algunos de sus rasgos principales. Pero está en contra de la excesiva concentración en los formalismos; por ejemplo, dice: "Ideas interesantes pueden... ser invisibles a quienes sólo están interesados en la relación entre los formalismos existentes y la 'experiencia' " [61, p. 268].

de la ciencia. Ya he dicho que la tradición del empirismo lógico ha solido desdeñar la historia de la ciencia por no considerarla pertinente para la filosofía de la ciencia, por el motivo de que no puede existir la "lógica del descubrimiento"; los procesos mediante los cuales se logran el descubrimiento científico y el avance, son materia adecuada para el psicólogo y el sociólogo, pero difícilmente para el lógico. También señalé que, en la medida en que los empiristas lógicos tomaron en cuenta la historia de la ciencia, solieron considerarla, en gran medida, como un registro de la gradual desaparición de la superstición, el prejuicio, y otros impedimentos al progreso científico en forma de una acumulación siempre creciente y una síntesis del conocimiento; una interpretación de la historia de la ciencia que Thomas Kuhn ha denominado "el concepto del desarrollo por acumulación" [1, p. 2]. Esta interpretación, unida al interés exclusivo de los empiristas lógicos por las teorías "completamente desarrolladas", los condujo a pasar por alto como indignas de su atención incluso las formas en que teorías incompletas acaban por ser, con el tiempo, "completamente desarrolladas" (o más completamente desarrolladas). Pero en los años transcurridos desde la precursora investigación histórica de Pierre Duhem a principios de este siglo, la historia de la ciencia ha dejado muy atrás los días en que la mayoría de los que escribían sobre la materia eran, ellos mismos, confirmados positivistas, o bien cientistas, ignorantes de los detalles de la historia, que leían el pasado como un registro de grandes hombres liberándose de los grilletes de una herencia oscura y luchando por avanzar hacia la ilustración moderna. El tema alcanzó elevados nive-

les de erudición y una abundante y minuciosa investigación ha revelado rasgos de la ciencia que claramente parecen entrar en conflicto con la presentación positivista de ella y su evolución. Se descubrió que muchas antiguas teorías que supuestamente fueron destronadas y desplazadas —mecanismos aristotélicos y medievales, el flogisto y las teorías calóricas— contenían mucho más que los ingenuos errores y supersticiones que era todo lo que les atribuían los primeros historiadores de la ciencia menos eruditos y más positivistas. En realidad, se consideró que esas teorías merecían tanto el nombre de "ciencia" como cualquier otra cosa que llevara ese nombre. Por otro lado, se ha encontrado que anteriores presentaciones de la obra de hombres como Galileo y Newton estaban plagadas de errores, y el "mito de Galileo" así como el "mito de Newton", productos de una interpretación excesivamente baconiana y positivista, han sido inmisericordemente expuestos.[6] Newton inventó hipótesis, después de todo, alarmantemente no empíricas; y se sugirió que tenía que hacerlas. Galileo, ahora frecuentemente rebajado a una categoría poco superior a la de un agente de prensa de la revolución científica, no basó sus concepciones en experimentos, y aun cuando sí los efectuó (menos frecuente y eficaz de lo que antes se suponía), no sacó conclusiones de ellos sino que más bien los aprovechó para ilustrar conclusiones a las que ya había llegado, pasando por alto en el proceso toda clase de desviaciones.

Además, se ha encontrado que la *clase* de cambio

[6] Por ejemplo, véanse E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, Oxford, Clarendon Press, 1961, parte IV, caps. 2, sección C, y 3, sec. L.

implicado en la historia de la ciencia (así continúa el cuento) no era un simple proceso de acumulación de conocimientos, sintetizados en teorías cada vez más generalizadoras. Los historiadores de la ciencia contemporáneos han hecho hincapié una y otra vez en que la transición de la dinámica aristotélica hasta el siglo XVII no exigía una gran atención a los hechos (como lo decían las antiguas historias) sino antes bien, en palabras de Herbert Butterfield, "tratar el mismo haz de datos que antes, pero colocándolos en un nuevo sistema de relaciones entre sí al darles un marco diferente, todo lo cual virtualmente significa adoptar una clase diferente de modo de pensar" [16, p. 1]. Palabras tales como "virtualmente" suelen eliminarse a medida que se sacan conclusiones más profundas y más absolutas. Se ha afirmado que la filosofía subyacente en la revolución científica de los siglos XVI y XVII estuvo fuertemente inspirada, no por el empirismo baconiano, sino más bien —¡ironía de ironías!— por el racionalismo platónico.[7] Tales conclusiones se han generalizado todavía más, mientras que el experimento desempeña un papel muy inferior al que muchos de los filósofos

[7] Véase, por ejemplo, E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, Nueva York, Harcourt, Brace, 1925; A. Koyré, "Galileo and Plato", *J. of the History of Ideas*, 4, 1943, pp. 400-428, reproducido por *Roots of Scientific Thought*, P. P. Wiener y A. Noland (comps.), Nueva York, Basic Books, 1957, pp. 147-175; A. R. Hall, *From Galileo to Newton*, Nueva York, Harper & Row, 1963. Para una crítica de la opinión de que la revolución científica (y la filosofía de la ciencia de Galileo en particular) fue "platónica", véase L. Geymonat, *Galileo Galilei*, Nueva York, McGraw-Hill, 1965 y [25].

han supuesto en las grandes revoluciones científicas fundamentales, ciertos tipos de presuposiciones, no clasificables en ninguno de los sentidos tradicionales como "empíricas", han desempeñado un papel decisivo. Los cambios más profundos de la historia de la ciencia deben caracterizarse, según estos escritores, por el abandono de un conjunto de tales presuposiciones y su remplazo por otras. No es de sorprender que Thomas Kuhn inicie su célebre libro, *La estructura de las revoluciones científicas*, con estas palabras: "Si se considera la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia." Y tampoco es de asombrar que muchos de los que han presentado esta nueva imagen —Kuhn, Alexandre Koyré— hayan sido historiadores de la ciencia, como tampoco es pura casualidad que muchos filósofos insatisfechos con los actuales enfoques del empirismo lógico de la ciencia —Paul Feyerabend [62, 63], N. R. Hanson [18, 19], Robert Palter [20], Stephen Toulmin [21, 22]— hayan encontrado inspiración para sus concepciones en la obra de contemporáneos historiadores de la ciencia, e incluso, en algunos casos, hayan hecho contribuciones originales a la investigación histórica.

La idea de que hay ciertas clases muy generales de suposiciones fundamentales para la investigación y el desarrollo científicos, es la principal característica de lo que yo he llamado la nueva revolución de la filosofía de la ciencia (aunque los autores que se ocupan de ello no suelen utilizar el término "presuposición" para referirse a estos llamados principios subyacentes de la ciencia). Desde luego, ha habido

antes análisis de presuposición de la ciencia, pero el actual movimiento (si puede llamársele así) difiere de sus predecesores en ciertos sentidos importantes. Todo conjunto coherente de proposiciones, científicas o no, contiene "presuposiciones" en un sentido, a saber, en el sentido de contener un subconjunto (en realidad, más de uno) de proposiciones que se relacionan con el resto de las proposiciones del conjunto, como los axiomas con los teoremas. Mas se supone que estas nuevas clases de presuposición se vinculan con los métodos científicos y las afirmaciones, no simplemente (si es que del todo) como los axiomas con los teoremas sino en un sentido diferente y más profundo que analizaremos en el curso del presente trabajo. Para la mayoría de los autores, estas presuposiciones no son lo que de ordinario se considera como leyes o teorías científicas fundamentales, o que contenga el tipo común de conceptos científicos; son aún más fundamentales que eso, más "globales", como dice Kuhn [1, p. 43]. Aun cuando se les llama "teorías" como lo hace Feyerabend, resulta (como lo veremos) que el autor realmente no quiere significar esa palabra en ningún sentido habitual; e incluso cuando el autor dice que una determinada ley tiene carácter de presuposición fundamental —como Toulmin describe la ley de la inercia—, reinterpreta esa ley de manera totalmente nueva.

Asimismo, se sostiene, en oposición a lo que podría llamarse una concepción "kantiana", que las presuposiciones varían de una a otra teoría o de una a otra tradición; verdaderamente, lo que distingue una teoría o una tradición de otra es, en última instancia, el conjunto de presuposiciones que subyacen

en ella. Por ende, aunque estos autores sostengan que siempre se han hecho *algunas* presuposiciones y que (al menos según algunos autores) siempre deben hacerse, no existe un conjunto que siempre deba hacerse. Al defender estas concepciones, como lo dijimos anteriormente, los autores apelan extensamente a casos tomados de la historia de la ciencia.

Más positivamente, diferentes escritores caracterizan estas "presuposiciones", como las he llamado, de distintas maneras, pero, como lo veremos, con mucho en común a pesar de diferencias significativas. Koyré habla de un "antecedente filosófico" que influye sobre la ciencia de una época [14, p. 192]; Palter también habla de principios "filosóficos", que "tienden a diversificar teorías científicas" [20, p. 116]. Toulmin los denomina "ideales de orden natural" o "paradigmas", y los describe como "normas de racionalidad y de inteligibilidad [22, p. 56] que ofrecen "esquemas fundamentales de expectativa" [p. 47]. "Vemos el mundo a través de ellos, hasta tal grado que olvidamos cómo sería sin ellos" [p. 101]; ellos determinan qué preguntas vamos a formular así como también "dan significado [a hechos] e incluso determinan cuáles son los 'hechos' para nosotros" [p. 95]. Finalmente, "nuestros 'ideales de orden natural' marcan los acontecimientos del mundo que necesitan explicación, contrastándolos con 'el curso natural de los hechos', es decir, los acontecimientos que no lo son" [p. 79]. Sugiere que "esas ideas y métodos e incluso los propósitos controladores de la ciencia misma, están evolucionando continuamente" [p. 109]; y, hasta el punto en que un problema, un hecho y una explicación (entre otras cosas) cambian con el cambio de ideal, de ello

se desprende que no podemos esperar la obtención de una comprensión de estos rasgos básicos de la ciencia examinando simplemente la forma lógica; debemos examinar el contenido de concepciones científicas particulares. "Al estudiar el desarrollo de las ideas científicas, siempre debemos buscar los ideales y paradigmas en que los hombres confían para hacer inteligible a la Naturaleza" [p. 181].

La estructura de las revoluciones científicas de Kuhn presenta una opinión que en muchos sentidos es similar a la de Toulmin. Analizando la idea de la "ciencia normal" como una tradición de trabajadores unidos por su aceptación de un "paradigma" común, Kuhn contrasta la ciencia normal con las revoluciones científicas: "Las revoluciones científicas se consideran como los episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es remplazado, completamente o en parte por otro nuevo e incompatible" [1, p. 91]. Kuhn considera que sus paradigmas no son meramente reglas, leyes, teorías, etcétera, o una simple suma de todas ellas, sino algo más "global" [p. 93] de lo cual pueden abstraerse reglas, teorías, etcétera, pero a lo cual ninguna mera afirmación de reglas, teorías, etcétera, puede hacerle justicia. Un paradigma consiste en una "sólida red de compromisos, conceptuales, teóricos, instrumentales y metodológicos"; y entre estos compromisos están los "casi metafísicos" [p. 42-2]. Un paradigma es, o al menos incluye, "un cuerpo implícito de creencias teóricas y metodológicas entretejidas que permiten la selección, evaluación y crítica" [pp. 16-17]; es "la fuente de los métodos, problemas y normas de solución aceptados por cualquier comunidad científica madura en cualquier época determinada"

[p. 102]. Incluso lo que cuenta como hecho queda determinado por el paradigma. Debido a esta abrumadora dependencia del paradigma, "la recepción de un nuevo paradigma frecuentemente hace necesaria una redefinición de la ciencia correspondiente. . . y al cambiar los problemas, también lo hacen a menudo las normas que distinguen una solución científica real de una simple especulación metafísica, de un juego de palabras o de un juego matemático. La tradición científica normal que surge de una revolución científica es no sólo incompatible sino también a menudo inconmensurable con la que existía anteriormente [p. 102]. Así, pues, un paradigma entraña "cambios en las normas que rigen los problemas, conceptos y explicaciones admisibles", cambios tan fundamentales que los significados de los términos usados en dos diferentes tradiciones de paradigmas son "frecuentemente inconmensurables", es decir incomparables [p. 105].

Parece, pues, que hay cuando menos las siguientes tesis sostenidas en común por una considerable cantidad de defensores de la "nueva filosofía de la ciencia" (incluyendo, como lo veremos, a Feyerabend):

a) *Una teoría de presuposición del significado*: los significados de todos los términos científicos, sean "fácticos" ("observacionales") o "teóricos", están determinados por la teoría o por el paradigma o ideal del orden natural subyacente en ellos o en el cual están inmersos. Esta tesis se opone a la tradicional concepción del empirismo lógico en el sentido de que existe una distinción absoluta, independiente de toda teoría, entre "términos teóricos" y "términos de observación", teniendo los últimos los

mismos significados, o cuando menos un núcleo de significado común, para todas las teorías científicas (o al menos para las que compiten), y en contra de la cual son juzgadas diferentes teorías respecto a su adecuación. También se opone al intento por distinguir, de manera absoluta, las afirmaciones "significativas" ("verificables", "confirmables" o acaso "falsables") de las que no lo son ("metafísicas").

b) *Una teoría de presuposición de los problemas* que definirá el dominio de la indagación científica, *y de lo que puede contar como explicación* en respuesta a esos problemas. (Evidentemente, esta tesis va dirigida contra el intento de Hempel y de otros por hacer un análisis "deductivo-nomológico y estadístico" del concepto de explicación científica.)

c) *Una teoría de presuposición de la pertinencia de los hechos para la teoría, del grado de pertinencia* (es decir, de la importancia relativa de los diferentes hechos) *y, generalmente, de la relativa aceptación o no aceptación de las diferentes conclusiones científicas* (leyes, teorías, predicciones). Esta tesis va dirigida primordialmente contra la posibilidad o, cuando menos, el valor como interpretación del procedimiento científico verdadero de una "lógica inductiva" formal en el sentido de Carnap.

Será propósito de este ensayo examinar críticamente algunos aspectos de esta revolucionaria filosofía de la ciencia, en especial lo que yo he denominado "la teoría de presuposición del significado", aunque en las partes finales de este escrito diremos algo acerca de otras facetas de estas nuevas ideas. Enfocaré mi examen crítico en una concepción particular, la que presenta Paul Feyerabend en buena cantidad de artículos, especialmente [60], [62] y

[63]. Después de analizar sus concepciones e ideas tal como las presenta en dichos artículos o ensayos, consideraré su reciente intento [61] para aclarar su posición. Al final de este análisis de la obra de Feyerabend compararé mis críticas a él con las que he planteado anteriormente contra Kuhn [24]. Esta comparación nos permitirá descubrir algunos profundos errores (o más bien excesos) subyacentes en la "nueva filosofía de la ciencia".

Feyerabend basa su posición en un ataque a dos principios que se desprenden de la teoría de la explicación que es "una de las piedras angulares del contemporáneo empirismo filosófico". Estos dos principios son: *i*) *La condición de la coherencia:* "sólo son admisibles en un determinado dominio las teorías que o bien *contienen* aquellas teorías ya en uso en dicho dominio o que al menos son *coherentes* con ellas dentro del mismo dominio"; *ii*) *La condición de la invariabilidad de significado:* "los significados tienen que ser invariables respecto al progreso científico; es decir, todas las futuras teorías deben encuadrar de tal manera que su uso en explicaciones no afecte lo que dicen las teorías, o los informes fácticos que deban ser explicados" [63, pp. 163-164].

En oposición a estas dos condiciones, Feyerabend arguye *i*) que las teorías científicas son y deben ser incompatibles entre sí, y *ii*) que "el significado de cada término que usamos depende del contexto teórico en el que aparece. Las palabras no 'significan' nada aisladas; obtienen sus significados del hecho de ser partes de un sistema teórico" [p. 180]. El significado depende del contexto teórico, lo que se extiende también a lo que se clasifica como "térmi-

nos de observación"; esos términos, como cualesquiera otros, dependen para su significado de las teorías en que surgen. Los significados de los términos teóricos no dependen (como lo suponía la tradición del empirismo lógico) de ser interpretados en función de un lenguaje de observación entendido anticipadamente; por el contrario, la concepción de Feyerabend significa una inversión

> en la relación entre teoría y observación. Las filosofías que hemos estado analizando hasta aquí [es decir, versiones del empirismo] suponían que las oraciones de observación son significativas *per se*, que las teorías que han estado separadas de observaciones carecen de significado, y que dichas teorías reciben su interpretación del hecho de estar relacionadas con algún lenguaje de observación que tenga una interpretación estable o fija. De acuerdo con el punto de vista que estoy proponiendo, el significado de las frases de observación queda determinado por las teorías con las cuales están relacionadas. Las teorías tienen significado independiente de las observaciones; las afirmaciones de observación no tienen sentido a menos que estén relacionadas con las teorías... Es, por tanto, la *oración de observación* la que necesita interpretación, y *no* la teoría [63, p. 213].

¿Qué decir, pues, de la opinión del empirismo tradicional según la que una teoría debe ser puesta a prueba mediante confrontación con hechos objetivos (independientes de la teoría), y que se elige una teoría prefiriéndola a otra cuando es más adecuada a los hechos, hechos que son *los mismos* para ambas teorías? Feyerabend nos dice que esa confron-

tación con los hechos no funciona en el caso de las teorías científicas fundamentales:

> Se supone habitualmente que la observación y la experiencia desempeñan un papel teórico, produciendo una oración de observación que en virtud de su significado (el cual, se supone, es determinado por la naturaleza de la observación) puede *juzgar* a las teorías. Esta suposición funciona bien con teorías de un bajo grado de generalidad, cuyos principios no tocan aquellos en los que se basa la ontología del escogido lenguaje de observación. Funciona bien si las teorías se comparan con respecto a una teoría de trasfondo de mayor generalidad que da un significado estable a las oraciones de observación. Sin embargo, esta teoría como cualquier otra teoría, necesita de la crítica [63, p. 214].

Pero no es posible criticar la teoría de trasfondo en sus propios términos; los argumentos concernientes a puntos de vista fundamentales son "invariablemente *circulares*. Muestran aquello que se implica al dar por sentado un cierto punto de vista , y no proporcionan el menor sostén para una posible crítica" [p. 150]. ¿Cómo, pues, se pueden criticar esas teorías? La dependencia de los significados respecto a la teoría, junto con el hecho de que cada teoría especifica su propio lenguaje de observación implica, de acuerdo con Feyerabend, que "cada teoría tendrá su propia experiencia" [p. 214]. Empero, esto no impide que los hechos revelados por una teoría sean pertinentes para otra. Esto significa, a ojos de Feyerabend, que para criticar teorías de trasfondo de alto nivel: "Debemos elegir un punto fuera del sistema o del lenguaje defendido, para tener una

idea de cómo sería una crítica" [p. 151]. Es necesario desarrollar otras teorías:

> La descripción de cada hecho único no sólo es dependiente de *alguna* teoría..., sino que existen también hechos que no es posible desenterrar salvo con ayuda de alternativas a la teoría que va a ponerse a prueba y que se vuelve inasequible tan pronto como dichas alternativas se excluyen [63, p. 175].
>
> Tanto la pertinencia como el carácter de refutación de muchos hechos decisivos sólo pueden establecerse con ayuda de otras teorías que, aunque fácticamente adecuadas, no van de acuerdo con la idea que va a ponerse a prueba... El empirismo exige que el contenido empírico de cualquier conocimiento que poseamos aumente lo más posible. Por ende, *la invención de alternativas además de la idea que se encuentra en el centro de la discusión constituye una parte esencial del método empírico* [63, p. 176].

Por consiguiente, un adecuado empirismo requiere el desarrollo detallado de tantas teorías diferentes como sea posible, y "Esta... es la justificación metodológica de una pluralidad de teorías" [p. 150].

Puesto que los significados varían con el contexto teórico, y dado que el propósito de tal pluralismo teórico es exponer hechos que, si bien pertinentes a la teoría en consideración, no pueden expresarse en función de esta teoría, y normalmente no los notarían los defensores de esa teoría (o parlantes de ese lenguaje), de ello se desprende que no podemos quedar satisfechos con alternativas que son "creadas negando arbitrariamente ahora éste y en otro momento aquel componente del punto de vista predominante" [p. 149]. Por lo contrario, "Las

alternativas serán tanto más eficientes cuánto más radicalmente difieran del punto de vista que será investigado" [p. 149]. En realidad, "Es... mejor considerar sistemas conceptuales cuyas características todas se aparten de los puntos de vista" aceptados, aunque "el hecho de no poder lograr esto con un solo paso no implica el fracaso de nuestro programa epistemológico" [p. 254]. Así pues, "el progreso del conocimiento puede ser por remplazo, que no deja ninguna piedra sin voltear, y no por suposición... Se debe permitir al científico o al filósofo empezar desde el comienzo mismo y redefinir completamente su ámbito de investigación" [p. 199].

Hay una serie de dificultades en estas concepciones, tanto respecto a interpretar lo que supuestamente afirman, como —cuando se puede llegar a una interpretación— respecto a si son adecuadamente defendidas o, en el caso negativo, si son o no correctas.

En primer lugar, no está claro si Feyerabend cree que es imposible cambiar un contexto teórico (cambiar una teoría) sin violar las condiciones de la invariabilidad y coherencia del significado —de modo que el punto de vista del antiguo empirismo no puede ser correcto— o si, mientras aquellas condiciones *pueden,* en algunos casos cuando menos, ser satisfechas, no es aconsejable o deseable que esto suceda. Por otra parte, se nos lleva a creer que si los significados dependen de la teoría ésta es una verdad necesaria, que dado que el significado de *todo* término depende del contexto teórico, por lo tanto un cambio de la teoría *debe* producir un cambio de significado de cada término en la teoría. Pero

por otro lado, nos enteramos de que las dos condiciones *son* "adoptadas por algunos científicos":

> La teoría cuántica parece ser la primera teoría después de la caída de la física aristotélica que ha sido explícitamente interpretada, al menos por parte de algunos de los inventores, sin perder de vista por una parte la condición de coherencia y por otra la condición de invariabilidad del significado. A este respecto, es muy diferente, por cierto, de la relatividad, que viola tanto el principio de coherencia como la invariabilidad del significado de teorías anteriores [p. 167].

Es decir, la Interpretación de Copenhague de la teoría cuántica, replanteada por Feyerabend como "hipótesis física", sostiene que los términos "espacio", "tiempo", "masa", etcétera, son empleados por la teoría cuántica en su sentido clásico; y Feyerabend se declara "dispuesto a defender la Interpretación de Copenhague como hipótesis física, y también dispuesto a admitir que es superior a una multitud de alternativas" [60, p. 201]. Así, Feyerabend supone que esta concepción evidencia la *posibilidad* de apoyar o defender la invariabilidad del significado. Sin embargo, si los significados *deben* variar según el contexto teórico, y si —como seguramente se debe reconocer con respecto a cualquier interpretación razonable de la expresión "diferencia del contexto teórico"— los términos clásicos aparecen en un contexto teórico diferente cuando se presentan en un contexto teórico-cuántico, entonces deben tener significados *diferentes* de los que tienen en la física clásica. En suma, en los términos del propio Feyerabend, nos veremos en aprietos para entender su

argumento, en [61], de que la Interpretación de Copenhague (reformulada como hipótesis física), aunque abiertamente dogmática al excluir las teorías que son incompatibles con ella y cuyos términos difieren en significado de los suyos, es no obstante, una teoría científica satisfactoria.

Estas dificultades referentes a la tesis general de que los significados dependen de la teoría, tienen repercusiones sobre la idea más específica de que no hay núcleo de significado observacional que sea común a todas las teorías y que ofrezca la base para comprobarlas y compararlas. *¿Puede* no haber un núcleo observacional? ¿O sólo es *indeseable* sostener la existencia de alguno? A pesar de las sugerencias que emanan de las afirmaciones de Feyerabend acerca de las relaciones entre teorías y significados, descubrimos que "depende completamente de nosotros obtener conocimiento por familiaridad y la pobreza de contenido que ello trae consigo, o tener conocimiento hipotético, que es corregible, que se puede mejorar y que es informativo" [63, p. 259]. Asimismo, Feyerabend nos dice que "el ideal de una teoría puramente fáctica... fue descubierto por primera vez por Bohr y sus seguidores..." [p. 162], "fáctico" porque todo en la teoría cuántica —según la concepción de Bohr— debe expresarse en términos "puramente observacionales", considerándose que los clásicos términos "espacio", "tiempo", "masa", etcétera (¡extrañamente!), son "puramente observacionales".

Asimismo, aunque se nos dice que "el significado de *todo* término que usemos depende del contexto teórico en el cual aparece" [p. 180] —sugiriendo que la más leve alteración al contenido teórico altera el

significado de cada término de ese contexto—, Feyerabend introduce, en numerosos puntos, requisitos que parecen contradecir esta tesis. Así pues, "Teorías de elevado nivel... *pueden no* compartir un solo enunciado observacional" [p. 216, las cursivas son nuestras] aunque supusiéramos que, si realmente son teorías distintas, todos sus términos serían diferentes en significado, por lo que es difícil comprender cómo *pueden* compartir *alguna* afirmación. Similares dificultades surgen respecto a los requisitos en observaciones como la siguiente:

> Afirmaciones que empíricamente son adecuadas, y que son resultado de la observación (tales como "aquí hay una mesa") *pueden* tener que ser reinterpretadas... debido a los cambios a veces en partes muy remotas del esquema conceptual al que pertenecen [63, p. 180, las cursivas son nuestras].
>
> ...la unidad *metodológica* a la que debemos referirnos cuando analizamos cuestiones de verificación y contenido empírico está constituida por todo *un conjunto de teorías en parte sobrepuestas, adecuadas fácticamente, pero mutuamente incompatibles* [p. 175].

La raíz de estas dificultades es, por supuesto, la falta de suficiente explicación y defensa detallada que Feyerabend ofrece de su concepción de que los significados dependen de las teorías. No se nos da ningún modo de decidir qué cuenta como parte del "significado" de un término o qué cuenta como "cambio de significado" de un término. Por consiguiente, no se nos da indicio alguno para decidir qué cuenta como parte de una "teoría" o qué cuenta como un "cambio de teoría". Por ende, no resulta

claro qué debemos decir cuando se nos enfrenta a objeciones propuestas al análisis de Feyerabend. Es posible, por ejemplo, que nos enfrentemos a casos de cambios teóricos que parecen demasiado insignificantes para afectar los significados de la expresión de que se trata (mucho menos términos "muy apartados" del terreno del cambio): el añadido de un epiciclo; un cambio en el valor de una constante; una variación de la órbita circular, a una elíptica;[8] la atribución de una nueva propiedad a algún tipo de entidad. Sin embargo, es posible que estos ejemplos no fueran aceptados por Feyerabend, por ir en su contra; podría considerar que tales cambios no son realmente cambios de teoría (acaso sean sólo cambios *en* la teoría pero, ¿en qué punto, exactamente, se vuelven mayores esos cambios, para constituir cambios de la teoría, es decir, para afectar los significados?). O, a la inversa, acaso Feyerabend considerara que la simple diferencia en sí misma *constituye* un cambio de significado de todos los términos de la teoría, de modo que la tesis de que "los significados cambian con el cambio de contexto" se vuelve una tautología.

Parece sensato preguntar si cada cambio constituye un cambio de significado, pero lo que Feyerabend diría a este respecto no queda claro. Casi lo mismo puede decirse de la cuestión de si cada cambio constituye un cambio de teoría. Según la concepción de Feyerabend ¿cuál es la respuesta apropiada a objeciones como la siguiente?: ¿Establecen

[8] Una objeción de esta índole plantea P. Achinstein, "On the Meaning of Scientific Terms", *J. of Philosophy*, 61, 1964, pp. 497-509. Feyerabend [61], analizado más adelante, constituye una réplica al artículo de Achinstein.

una diferencia las meras extensiones de las aplicaciones de una teoría con respecto al "contexto teórico", y por ello, a los significados de los términos implicados? ¿Constituyen las diversas axiomatizaciones unos contextos teóricos diferentes, de modo que los significados de las expresiones axiomatizadas cambian con la reaxiomatización? Y, ¿cambian los términos lógicos, como "y" y "si-entonces", de significado al alterarse la teoría? Presumiblemente, tendríamos el impulso de responder a estas preguntas con una negación; pero Feyerabend no toca estos puntos, y sus afirmaciones acerca de la relación entre los cambios de significado y los cambios de teoría dejan mucho que desear. (Recordemos: "El significado de cada término que empleamos depende del contexto teórico en que aparece.")

Además, ¿qué cuenta como parte de una teoría? ¿Determinó el misticismo de Kepler los significados de los términos empleados en sus leyes del movimiento planetario? y ¿cambiaron los significados de esas leyes al quitarlos de ese contexto e incorporarlos en la teoría newtoniana? O, para considerar una pregunta más difícil: las concepciones de Newton sobre el "espacio absoluto" y el "tiempo absoluto", ¿son partes pertinentes del contexto teórico de su teoría mecánica, o son esencialmente inaplicables? ¿Dónde deberá trazarse la línea? Estas dificultades podrían al principio parecer menores; tal vez contestaríamos: "Pero al menos podemos señalar claros ejemplos de teorías, y esto es todo lo que necesita Feyerabend para aclarar su argumento." Empero, esta impresión desaparece y la dificultad adquiere importancia esencial cuando se analiza más de cerca lo que Feyerabend quiere significar cuando habla

de "teorías". La idea usual, a la que nos han acostumbrado los lógicos, es que una teoría es un conjunto de afirmaciones formulables en un lenguaje, en que las alternativas (por ejemplo la negación) a la teoría también pueden expresarse. Acaso sea cierto esto con respecto a las teorías de "nivel inferior" de Feyerabend (aunque esto no queda claro), pero seguramente no hace justicia a su concepción de las teorías de antecedentes de nivel superior. Por lo contrario, dichas teorías son *presupuestas por* un lenguaje, y en función de ese lenguaje, las alternativas a la teoría antecedente son absurdas, inconcebibles, contradictorias. Una teoría es "una manera de mirar el mundo" [62, p. 29]; es realmente un punto de vista filosófico, una metafísica, aunque no necesariamente muy precisa o bien formulada; las supersticiones también cuentan como teorías. Así pues, llegamos a la siguiente explicación (la única) sobre qué quiere significar Feyerabend con el término "teoría":

> En lo que sigue, emplearé el término "teoría" en un sentido lato, incluyendo las creencias comunes (por ejemplo, la creencia en la existencia de objetos materiales), los mitos (por ejemplo, el mito del eterno retorno), las creencias religiosas, etcétera. En suma, cualquier punto de vista suficientemente general que concierna a la realidad será denominado "teoría" [63, p. 219].

Es este espacio permitido a lo que puede contar como teoría lo que hace difícil —incluso imposible— afirmar, en casos como el del misticismo de Kepler y los absolutos de Newton, si se los puede considerar, según la concepción de Feyerabend, como parte

del contexto teórico.[9] (¿Acaso Kepler estaba considerando dos teorías *diferentes,* mutuamente independientes en sus leyes del movimiento planetario, por un lado, y su misticismo, por el otro? Pero Feyerabend no nos ha dado ninguna norma para distinguir las teorías —"ningún principio de individuación" de teorías— y así, tampoco esta posibilidad ayuda.)

Surgen todavía más dificultades: ¿Cómo es posible rechazar *tanto* la condición de congruencia *como* la condición de invariabilidad del significado? Pues para que dos frases se contradigan mutuamente (sean incompatibles entre sí), una debe ser la negación de la otra; y esto equivale a afirmar que lo que la una niega debe ser lo que la otra afirma, y esto, a su vez significa decir que las teorías deben tener algún significado común. Tal vez Feyerabend tenía en mente algún sentido especial de "incompatibilidad" (aunque declare que no está abandonando el principio de no contradicción), o de "significado"; pero ante la ausencia de toda aclaración, resulta difícil comprender cómo podemos construir una teoría que, mientras difiere de los significados de todos sus términos a partir de otra teoría, no obstante puede

[9] Así, cuando las posiciones del nuevo enfoque y del más antiguo movimiento lógico-empirista se invierten con respecto a las relaciones entre la teoría y la observación, también ocurre esto a sus dificultades. Para el empirismo lógico, los términos de observación fueron básicos, y los "términos teóricos" fueron los que hubo que interpretar; y muchas de las dificultades de tal movimiento han girado en torno de la pregunta de qué cuenta como "término de la observación". Por su parte, para la "nueva filosofía de la ciencia", que considera básico el concepto de "teoría" (o, para otros escritores que Feyerabend, algún concepto correspondiente como "paradigma") surgen dificultades concernientes a lo que cuenta como teoría.

ser incompatible con la otra. No es de asombrar que Feyerabend, como Kuhn, a menudo utilice el término "inconmensurable" para describir las relaciones entre diferentes teorías anteriores.[10]

Esto nos lleva a lo que yo considero como la dificultad central de la filosofía de la ciencia de Feyerabend. Nos dice que la clase más deseable de teorías es aquella que difiere *completamente* de la teoría que va a ser criticada, que "no comparte una sola afirmación" con esta teoría, que "no deja ninguna piedra sin remover". Sin embargo —aunque convengamos en desentendernos de cualquier incomodidad que podamos sentir sobre cómo puede ser semejante diferencia absoluta— ¿cómo podrían dos teorías semejantes ser pertinentes entre sí? ¿Cómo es posible criticar una teoría en función de hechos desenterrados por otra si el significado depende del contexto teórico y varía con él, y especialmente si no hay *nada* en común en ambas teorías? Los hechos, después de todo, según la concepción de Feyerabend, no son simplemente "desenterrados" por

[10] En una nota de pie de página [63] Feyerabend da una definición de "inconmensurable": "Se llamarán inconmensurables dos teorías cuando los significados de sus principales términos descriptivos dependan de principios mutuamente incongruentes" (p. 277, nota 19). ¿En qué lenguaje están formulados estos mismos "principios"? Presumiblemente (como hemos visto), para que sean incongruentes unos con otros, deben ser formulados o al menos formulables en un lenguaje común. Pero si son formulables en un lenguaje común, entonces, ¿cómo los "términos descriptivos principales" de las teorías son "dependientes" de ellas de tal modo que *aquellos* términos no sean siquiera traducibles unos a otros? La caracterización de inconmensurabilidad dada en [61] no parece diferir en [63] y así no ayuda a contestar a estas objeciones.

una teoría; son *definidos* por ella y *no existen* para otra teoría. "Cada teoría tendrá su propia experiencia, y no habrá sobreposición entre dichas experiencias." Aun cuando dos oraciones en dos diferentes teorías estén escritas con los mismos símbolos, tendrán diferentes significados. ¿Cómo, entonces, pueden presentarse pruebas en favor o en contra de una teoría por causa de otra teoría que ni siquiera habla el mismo idioma (y en un sentido mucho más fuerte que en aquel en que el francés y el inglés son idiomas distintos), puesto que, para las dos teorías de alto nivel y radicalmente distintas de Feyerabend, presuntamente la traducción —incluso una inadecuada— parece ser imposible en principio?

Pero aun si los hechos desenterrados por una teoría de alto nivel *pudieran* ser pertinentes para la comprobación de otra teoría completamente distinta, resulta difícil comprender cómo esa crítica pertinente *podría ser eficaz*. Pues, ¿*por qué no* habría de ser posible reinterpretar el hecho desenterrado por la otra teoría de tal modo que o bien ya no sea pertinente a nuestra teoría o bien la apoye? Las propias palabras de Feyerabend dan crédito a esto: "Los hallazgos de la observación pueden ser reinterpretados, y acaso puedan incluso dar apoyo a un punto de vista que originalmente era *incompatible* con ellos" [63, p. 202]. Y él mismo formula la pregunta esencial: "Ahora bien, si esto es lo que ocurre, ¿no se desprende de allí que no existe un juez objetivo e imparcial de teorías? Si puede hacerse que la observación favorezca una teoría, entonces, ¿cuál es la razón de hacer observaciones?" [p. 202].

¿Cómo responde entonces Feyerabend a esta pregunta? ¿Cuáles son "los principios según los cuales

se puede alcanzar una decisión entre dos distintas versiones del mundo exterior"? [p. 216], ¿cuando esas dos versiones son teorías de antecedentes de alto nivel que difieren radicalmente, hasta el punto de no dejar ninguna piedra sin remover? Enumera tres de tales principios. "El primer [procedimiento] consiste en inventar otra teoría más general aún que describa un fondo común que define las afirmaciones de comprobación aceptables para *ambas* teorías" [pp. 216-217]. Pero esta tercera teoría aún es una teoría distinta, y aunque contenga un subconjunto de afirmaciones que *parecen* iguales a las afirmaciones de las dos teorías originales, los significados de aquellas afirmaciones en la nueva metateoría aún serán diferentes de los significados de las correspondientes aseveraciones en cualquiera de las dos teorías originales. En realidad, los significados serán *radicalmente* distintos, pues cualquier término de la metateoría tendrá, como parte del contexto teórico que determina su significado, no sólo el conjunto de afirmaciones correspondientes a las afirmaciones de una de las dos teorías originales sino también un conjunto de afirmaciones correspondientes a las de la otra teoría original, radicalmente distinta. El contexto de cualquier término de la nueva metateoría será, pues, radicalmente distinto del contexto en que aparece un término correspondiente en una de las dos teorías originales, y así su significado será radicalmente distinto. De modo que surgen los mismos problemas concernientes a la posibilidad de comparar la metateoría con cualquiera de las dos teorías originales, que surgieron con respecto a la posibilidad de comparar ambas teorías originales con alguna otra.

"El segundo procedimiento se basa en un examen interno de las dos teorías. Una de las teorías podría establecer una conexión más directa con la observación, y la interpretación de los resultados observacionales también podría ser más directa" [p. 217]. Confieso que no entiendo esto, puesto que cada teoría define sus propios hechos o experiencias y, ¿qué podría haber más directo que esto?

El tercer procedimiento de Feyerabend para elegir entre dos distintas teorías de alto nivel consiste en "tomar en serio la teoría pragmática de la observación" [p. 217]. Describe esta teoría de la siguiente manera:

> Una afirmación será considerada observacional debido al *contexto causal* en el que se emite, y *no* por lo que significa. De acuerdo con esta teoría, "esto es rojo" es una frase observacional porque un individuo bien condicionado que es motivado de la manera apropiada frente a un objeto que tiene determinadas propiedades físicas responderá sin titubear "esto es rojo", y esta respuesta tendrá lugar independientemente de la *interpretación* que él pueda relacionar con la afirmación [63, p. 198].

De acuerdo con la teoría pragmática, entonces,

> las afirmaciones observacionales se distinguen de otras afirmaciones no por su significado, sino por las circunstancias en que se producen... Estas circunstancias están abiertas a la observación... y por tanto podemos determinar de manera recta si un determinado movimiento del organismo humano se relaciona con un acontecimiento exterior y puede, por tanto, considerarse como indicador de ese acontecimiento [63, p. 212].

Esta teoría ofrece, según Feyerabend, un modo de elegir entre teorías antecedentes de alto nivel aún más radicalmente distintas:

> Inevitablemente ha de suceder, pues, en alguna etapa, que las alternativas no compartan una afirmación con la teoría que critiquen. La idea de observación que defendemos aquí implica que no habrán de compartir tampoco ninguna afirmación observacional. Dicho más radicalmente, cada teoría poseerá su propia experiencia, y no habrá traslape entre estas experiencias. Evidentemente, un experimento decisivo resulta ahora imposible. Lo es, no porque el *equipo experimental* sería demasiado complejo o costoso sino porque no existe ninguna *afirmación* aceptada universalmente capaz de expresar lo que surge de la observación. *Pero todavía existe experiencia humana como proceso realmente existente*, y aun hace que el observador realice determinados actos, por ejemplo, pronunciar frases de determinada índole. No toda interpretación de las oraciones pronunciadas será tal que la teoría que da la interpretación lo prediga en la forma en que ha surgido de la situación observacional. Este uso combinado de teoría y acción conduce a una selección, incluso en los casos en que no existe un lenguaje de observación... la teoría —una teoría aceptable, por así decirlo— tiene una maquinaria sintáctica interna que *imita* (pero no *describe*) ciertos rasgos de nuestra experiencia. Ésta es la *única* manera en que la experiencia juzga un punto de vista cosmológico general. Tal punto de vista no es suprimido porque sus *afirmaciones* de observación digan que deben existir ciertas experiencias que luego no ocurren... *Se la suprime* si produce *frases* de observación cuando los observadores producen la *negación* de dichas frases. Por consiguiente todavía es juzgada por las predic-

> ciones que hace. Sin embargo, no es juzgada por la verdad o falsedad de las afirmaciones de predicción —esto ocurre únicamente después que han sido establecidos los antecedentes generales— sino por la manera en que las oraciones de predicción son ordenadas por ella, y por el acuerdo o desacuerdo de este orden *físico* con el orden *natural* de las frases de observación tal como son pronunciadas por observadores humanos y, por tanto, en última instancia, con el orden natural de las sensaciones [63, pp. 214-215].

Resulta que existe, después de todo, algo que es independiente de la teoría y contra lo cual podemos comparar y comprobar teorías: es "la experiencia humana como proceso realmente existente", que hace que el observador bien condicionado pronuncie una secuencia de sonidos (las frases de observación). Que esto ocurre puede determinarse "de manera directa" (es decir, independientemente de la teoría); sólo cuando atribuimos significados a la secuencia de sonidos pronunciados por el observador introducimos consideraciones teóricas. El organismo humano emite resultados de experimentos o experiencia (en forma de secuencias de sonidos) que deben interpretarse a la luz de la teoría, así como otros instrumentos científicos producen lecturas de índices que deben entonces interpretarse a la luz de la teoría. Las teorías se deben comparar y juzgar, no por referencia a sus significados (pues éstos son necesariamente distintos) sino por referencia al común dominio de "rasgos de experiencia" que les interesa "imitar" u "ordenar": la teoría, si es aceptable, "posee una maquinaria sintáctica" que "produce frases de observación"; y la teoría habrá de

"suprimirse" no cuando "sus afirmaciones de observación digan que debe haber ciertas experiencias que entonces no ocurren... se suprime si produce frases de observación cuando los observadores producen la negación de esas frases".

Retornamos, pues, a un empirismo más antiguo; hay, después de todo, algo común a todas las teorías, en función de lo cual pueden compararse y juzgarse; lo que es objetivo, independiente de la teoría, dado, no es un lenguaje observacional sino algo no lingüístico; pues las frases de observación de Feyerabend, siendo meros sonidos no interpretados, no son más "lingüísticos" que un eructo. Damos una interpretación a este "dado" sólo cuando leemos significados de esas pronunciaciones; y encontrar un significado equivale a encontrar una teoría. Por tanto, a la luz de la teoría pragmática de la observación, debemos dar una interpretación conservadora a las declaraciones más radicales de Feyerabend; por ejemplo, que "lo dado está afuera", que cada teoría "posee su propia experiencia". Lo dado está, por cierto, "adentro" todavía, y existe observación humana, experiencia, que es la misma para todas las teorías: no se trata de una observación independiente de la teoría sino de un *lenguaje* de observación independiente de la teoría, en contra de lo cual está Feyerabend.[11]

[11] Nos vemos tentados hoy a volver atrás y decir que las referencias de Feyerabend al "traslape" de las teorías no son más que errores de expresión; que no son las *teorías* las que, estrictamente hablando, tienen algún traslape por virtud del cual se les puede comparar sino sólo su dominio de las experiencias. Si ésta es una reinterpretación apropiada de la posición de Feyerabend, sólo servirá para mostrar cuán radical (y peculiarmente) concibe

Podemos preguntar, entre otras cosas, si la idea de que las afirmaciones hechas por los seres humanos brotan como respuestas condicionadas, como la interjección "¡Oh!" que a veces brota cuando nos pinchan con un alfiler, no es una exagerada simplificación. Más importante para nuestro actual propósito es la pregunta respecto a si Feyerabend ha demostrado que las teorías realmente pueden juzgarse comparándolas entre sí, a pesar de que los significados dependen de la teoría. La respuesta, me parece, es evidentemente que no lo ha hecho; nada ha dicho la teoría pragmática de la observación para suprimir la fatal objeción a las propias palabras de Feyerabend: "Los hallazgos de la observación pueden reinterpretarse, y acaso se pueda incluso hacer que presten apoyo a un punto de vista que originalmente era incompatible con ellos"; y Feyerabend todavía no ha dado ninguna razón de por qué la condicional "acaso" se incluye en esta afirmación. El conocimiento por familiaridad, la "experiencia humana" burda, sin significado (incluyendo las "afirmaciones observacionales" no interpretadas) después de todo, de acuerdo con Feyerabend, muestra una completa "pobreza de contenido". Tal experiencia no nos dice nada; las afirmaciones de observación no interpretadas no transmiten ninguna información y, por tanto, no pueden transmitir información que pudiera servir de base para "suprimir" una

la diferencia de significado, como constituyendo una *completa* "inconmensurabilidad". Sea como fuere, esta reinterpretación no ayudará a Feyerabend, por razones que serán explicadas más adelante; las "experiencias", en su sentido, tampoco pueden ofrecer una base para la comparación ("traslape").

teoría. Sólo pueden hacerlo cuando se les asignan significados y, así, están imbuidas de una interpretación teórica. Por lo tanto, esta "pobreza de contenido" no sólo deja abierta la posibilidad de interpretación sino que incluso *requiere* que se haga esta interpretación con objeto de permitir el juicio de las teorías. No es de ninguna ayuda decir que las teorías deben, cuando menos, "imitar" el "orden" de las experiencias ("y en última instancia el orden de las sensaciones"). A menudo las teorías científicas, en realidad, *alteran* el orden, antes que imitarlo y, en muchos casos, algunos de los elementos de la experiencia son declarados no pertinentes. Por tanto, hay "interpretación", más que "imitación", incluso en lo que respecta al presunto "orden" de la experiencia o de las sensaciones. Y con la libertad —no, mejor dicho con la licencia— que Feyerabend nos da para interpretar la experiencia, para atribuir significados a las observaciones de afirmación, debemos sacar en conclusión que, respecto, ya sea de las "experiencias" únicas (o afirmaciones observacionales) o en los conjuntos supuestamente ordenados de ellas, sucede cualquier cosa; siempre podemos interpretar la experiencia de modo que apoye, en lugar de refutar, nuestra teoría. La verdad de las cosas es, pues, que la clase de experiencia que propone Feyerabend es *demasiado débil* en su forma prístina, no interpretada, como motivo para "suprimir" una teoría; y su idea del significado es *demasiado fuerte* para excluir la posibilidad de *cualquier* interpretación de lo que se da en la experiencia.[12]

[12] Otras posibles preguntas acerca de esta faceta de la filosofía de la ciencia de Feyerabend parecen —como podría esperarse— resurgimientos de antiguos problemas

He limitado las afirmaciones anteriores a las clases de teorías de antecedentes de alto nivel que "no dejan ninguna piedra sin remover". Podríamos suponer que la situación es menos grave en las teorías menos distintas radicalmente. Allí, cuando menos, hay algunas similitudes, y quizá pueda establecerse la pertinencia y hacerse la comparación de las dos teorías sobre la base de dichas similitudes. Por ejemplo, podríamos suponer que una leve enmienda a la posición de Feyerabend, introduciendo la idea de grados de parecido del significado, puede responder a la pregunta de cómo las teorías, aquellas de las cuales los términos deben diferir en el significado, pueden sin embargo, en algunos casos cuando menos, ser mutuamente pertinentes, puesto que la pertinencia puede establecerse por medio de los parecidos, a pesar de las diferencias. Esta idea también puede suprimir nuestras dificultades, expuestas anteriormente, con la descripción que hace Feyerabend de algunas teorías de antecedentes como, por ejemplo, "parcialmente sobrepuestas". *Prima facie*, ésta parece ser una promisoria jugada, a pesar de que el concepto de "grados de parecido del significado" puede muy bien introducir complicaciones propias; y en todo caso, dar este paso, como resultará claro

acerca del fenomenalismo tradicional: por ejemplo, si es posible observar "en forma directa", sin ninguna importación de presuposiciones teóricas, el "contexto causal" en que se hace una afirmación; si el "orden" que va a ser "imitado" por la teoría no presupone, a su vez, una interpretación de la experiencia y si el juicio de que cierta teoría está imitando bien la experiencia es, a su vez, producto de la interpretación; es decir, si aún no podemos, pese a la teoría pragmática, interpretar nuestra experiencia de tal manera que siempre apoye nuestra teoría.

en lo que sigue, sería equivalente a confesar que la idea técnica de Feyerabend de "significado" es una innecesaria obstrucción al entendimiento de la ciencia. De todos modos, sin embargo, no es una jugada que el propio Feyerabend hace.[13] Hemos visto que él admite sólo tres maneras de comparar y juzgar dos teorías de alto nivel: construir una metateoría, examinar la "rectitud" relativa de su conexión con la experiencia, o por vía de su común dominio de la experiencia. Diferentes teorías de alto nivel, incluso las que están "parcialmente sobrepuestas", no son al parecer comparables a pesar de sus similitudes; la tendencia general de Feyerabend es considerar las similitudes como casi carentes de importancia, superficiales, no esenciales. Y esto es lo único que podemos esperar si el parecido y la diferencia de significado no son cuestión de grado, porque si la diferencia de significado establece *toda* la diferencia, entonces dos teorías deben ser inconmensurables, incomparables, a pesar de cualquier similitud (superficial, no esencial). Así pues, todas nuestras lamentables confusiones respecto a teorías que no tienen nada en común se extienden incluso a las teorías que no remueven cada piedra.

Quedamos, pues, con un completo relativismo concerniente no sólo a poner a prueba cualquier teoría única por confrontación con los hechos, sino

[13] Tal vez una razón que Feyerabend objetaría a hacer de la similitud de significado una cuestión de grado es que, si hubiese que establecer una pertinencia en términos de similitudes, podría llegarse a la conclusión de que dos teorías son más pertinentes a la prueba de una por otra cuanto más similares son, y esto contradiría su arraigada opinión de que una teoría es más pertinente a la prueba de otra teoría cuanto más diferentes son.

también a la pertinencia de otras teorías para poner a prueba ésta. Los intentos de Feyerabend "por formular una metodología que todavía pueda declararse *empírica*" [63, p. 149], así como sus esfuerzos por justificar un "pluralismo metodológico" han terminado en el fracaso.

En un reciente y breve artículo, "Sobre el 'significado' de los términos científicos", Feyerabend ha intentado responder a algunas críticas a sus opiniones, que fueron planteadas por Achinstein, y que son similares a algunas de las preguntas antes formuladas en este trabajo, acerca de la interpretación de las concepciones de Feyerabend sobre la variación de significado y cómo el significado depende del contexto teórico. En este ensayo, Feyerabend reconoce que determinados cambios, aunque cuentan como cambios de teoría, no implican un cambio de significado. Cita como ejemplo el caso de dos teorías, T (mecánica celeste clásica) y $\overline{T}$ (como la mecánica celeste clásica salvo un leve cambio en la fuerza del potencial de gravitación). T y $\overline{T}$, declara él,

> son ciertamente teorías distintas, en nuestro universo, donde ninguna región está libre de la influencia gravitacional, no hay dos predicciones de T y $\overline{T}$ que coincidan. Sin embargo, sería precipitado decir que la transición $T \rightarrow \overline{T}$ implica un cambio de significado. Porque aun cuando los *valores cuantitativos* de las fuerzas difieren casi por doquier, no hay razón para sostener que esto se debe a la acción de diferentes *clases de entidades* [61, p. 267].

Así pues, parece que Feyerabend quiere decir que dos teorías son distintas si asignan diferentes valores

cuantitativos a los factores implicados ("casi por doquier"); y los significados de los términos implicados son distintos si se relacionan con diferentes clases de entidades. Feyerabend hace explícita su idea del "cambio de significado" (y a la inversa, de la "estabilidad del significado") en el siguiente pasaje:

> Un diagnóstico de *estabilidad del significado* abarca dos elementos. Primero, se hace referencia a las reglas de acuerdo con las cuales se reúnen objetos o sucesos, formando clases. Podemos decir que esas reglas determinan conceptos o clases de objetos. En segundo lugar, encontramos que los cambios producidos por un nuevo punto de vista ocurren *dentro* de la extensión de estas clases y, por lo tanto, dejan sin cambiar los conceptos. A la inversa, diagnosticaremos un *cambio de significado* si una nueva teoría entraña que todos los conceptos de la teoría precedente tienen extensión cero, o si introduce reglas que no pueden interpretarse atribuyendo propiedades específicas a los objetos dentro de clases ya existentes, pero que cambian el sistema de clases mismo [61, p. 268].[14]

A primera vista, este análisis parece introducir algu-

[14] La norma del cambio de significado, según Feyerabend, tiene algunas consecuencias que parecen paradójicas, por decir lo menos. Si una nueva teoría entraña que *un* concepto de la teoría precedente tiene una extensión cero, al parecer no ha ocurrido ningún cambio de significado. Si *todas menos una* de las clases de la teoría precedente tienen una extensión de cero, tampoco ha ocurrido un cambio de significado. Y si las extensiones de todas las clases se cambian radicalmente, pero no tanto que las extensiones previas sean cero, tampoco ha ocurrido ningún cambio de significado.

na aclaración, aunque al precio de adoptar la que parece ser una idea irrazonablemente extrema de "diferencia de teoría" (después de todo, un leve refinamiento en el valor de una constante fundamental conducirá a diferencias difundidas en las predicciones cuantitativas, y así, según el criterio de Feyerabend, a una nueva teoría "distinta"). Empero, una inspección más minuciosa revela que la mejora lograda no es de ninguna manera sustancial. Consideremos el análisis de "cambio de significado" (y, correlativamente, de "estabilidad del significado"). Este análisis depende de la idea de poder colectar "entidades" ("objetos o sucesos") en clases, y esto a su vez se apoya en poder hacer referencia a "reglas" para "recolectarlas". Si los cambios sólo ocurren dentro de las extensiones de estas clases ("clases de entidades", "objetos o sucesos"), los significados no han cambiado; si la nueva teoría cambia todo el sistema de clases (o "implica que todos los conceptos de la anterior teoría tienen extensión cero"), los significados sí han cambiado. Sin embargo, primero, para poder aplicar ese criterio, las reglas de clasificación deben ser únicas y determinadas, permitiendo una clasificación inequívoca de las "entidades" de que se trata. De lo contrario, no podríamos determinar si el sistema de clases, o simplemente la extensión de las clases anteriores, ha cambiado. Además, puede haber dos diferentes conjuntos de reglas y consecuentes sistemas de clasificación, de acuerdo con uno de los cuales ha ocurrido un cambio de significado, mientras el otro implica que el significado no ha cambiado. En realidad, esto parecería ser lo que generalmente ocurre: Podemos, tanto en el uso común como en el científico, reunir

entidades en clases de muchas maneras, y sobre la base de una gran variedad de consideraciones ("reglas"), y el modo de clasificar que usemos dependerá en gran medida de nuestros propósitos y no simplemente de las propiedades intrínsecas, de las propiedades implicadas, por medio de las cuales se supone que nosotros las agrupamos inequívocamente en clases. ¿Son los mesones "clases de entidades" diferentes de los electrones y los protones, o son simplemente una diferente subclase de partículas elementales? ¿Son los rayos de luz de la mecánica clásica y de la relatividad general (dos teorías que según Feyerabend son "inconmensurables") diferentes "clases de entidades" o no? Dichas preguntas pueden responderse de *cualquiera* de las dos maneras, según el tipo de información que se busque (esto equivale a decir que las preguntas, tal como son formuladas, no están claras), pues existen diferencias así como similitudes entre los electrones y los mesones, como existen entre los rayos de luz de la mecánica clásica y los rayos de luz de la relatividad general. Puede dárseles una respuesta sencilla ("diferente" o "la misma") sólo si se estipulan como inesenciales las similitudes o diferencias no deseadas. Y aunque estemos de acuerdo con la decisión de Feyerabend (bastante arbitraria) "de no prestar atención a ninguna similitud *prima facie* que pudiera surgir en el plano de la observación, sino basar nuestro juicio [en cuanto a si ha ocurrido cambio o estabilidad de significado] sólo en los principios de la teoría" [61, p. 270], los marcos espaciotemporales de la mecánica clásica y de la relatividad general todavía son comparables con respecto a que poseen ciertas clases de propiedades matemáticas: métricas y topológicas (ambas

teorías tienen algo que ver con los "espacios" en un sentido matemático bien definido). Y todavía surge la pregunta —y es igualmente inútil y posible de responder sólo por estipulación— sobre si los marcos espaciotemporales implicados comparten las mismas *clases* de propiedades y son las mismas *clases* de entidades ("espacios"), o si estas propiedades no son lo bastante "específicas" para que ayuden a hacer de esos marcos las "clases de entidades".[15]

A todas luces, resulta difícil comprender cómo *cualquier* teoría implicaría que *todos* los conceptos de una teoría rival tienen extensión cero o cambiarían todo el sistema de clases.[16] Incluso teorías que tienen que ver con temas muy diferentes, por ejemplo, las teorías geológicas de la estructura y la evolución de la tierra, por un lado, y las teorías físicas de las ondas y su transmisión, por el otro, tienen algo en común. Las teorías sobre la estructura y evolución de la tierra dependen estrechamente en realidad de los modos en que las ondas sísmicas se transmiten a través de diferentes clases de material. Por supuesto, *podemos* decir, en ejemplos como éste, que la teoría física es parte de los "antecedentes

[15] Feyerabend reconoce que sus normas requieren complementación: "Es importante comprender que estas dos normas conducen a resultados inequívocos sólo si antes se toman algunas otras decisiones. Las teorías pueden verse sometidas a toda una gama de interpretaciones..." (p. 268). Pero su análisis siguiente no hace nada para enfrentar las dificultades aquí planteadas.

[16] Sea como fuere, no es claro cómo una nueva teoría puede "entrañar" que conceptos de otra teoría tengan extensión de cero si los últimos conceptos ni siquiera aparecen en la primera teoría.

prestados" de la teoría geológica, más que ser *parte* de la teoría geológica. Pero esto lo único que hace es volvernos a remitir a la pregunta, formulada al principio, sobre las concepciones de Feyerabend, en cuanto a qué, supuestamente, se incluye en una "teoría" y qué no se debe incluir.

Significados y análisis de la ciencia

Hemos visto que la interpretación de la ciencia por Feyerabend acontece en un completo relativismo, en el cual es imposible, como consecuencia de sus ideas, comparar dos teorías científicas y elegir entre ellas, sobre bases que no sean la más subjetivas. En particular, su "teoría pragmática de la observación", que constituye su máximo esfuerzo por evitar esta desastrosa conclusión no lo logra, pues, dado que todos los significados dependen de las teorías, y éstas pueden forjarse a voluntad, y dado que, finalmente, todos los datos de la observación (en el sentido de Feyerabend) pueden reinterpretarse para apoyar un marco teórico determinado, de ello se desprende que el papel de la experiencia y del experimento en la ciencia se vuelve una farsa. Al tratar de asegurar la libertad de teorizar, Feyerabend ha hecho que la construcción de teorías sea demasiado libre; al despojar a las afirmaciones observacionales de todo sentido o significado (independiente de las teorías), la ha privado también de todo poder de juicio sobre las teorías; deben ser interpretadas atribuyéndoles un significado, y por ende aplicando la teoría a esos significados; y estamos en libertad de interpretarlas como lo queramos: como no perti-

nentes, o como apoyos a la evidencia. Al otorgar ilimitado poder de interpretación, por un lado, a aquello que permite posibilidades sin límite de interpretación, Feyerabend ha destruido la posibilidad de comparar y juzgar las teorías por referencia a la experiencia. Y al sostener que todos los significados varían con el contexto teórico, e implicar que una diferencia de significado es *a fortiori* una diferencia completa, una "inconmensurabilidad", ha destruido la posibilidad de compararlas sobre alguna base.

En la primera parte de este capítulo, llamé la atención hacia las grandes similitudes que existen entre las ideas de Feyerabend y las de otros autores a quienes agrupé, sobre la base de sus similitudes, como representantes de un nuevo enfoque de la filosofía de la ciencia. Entre estos autores está Thomas Kuhn. Hay diferencias, por supuesto, entre las ideas de Kuhn y las de Feyerabend. Por ejemplo, mientras Feyerabend insiste en que es deseable desarrollar un gran número de teorías mutuamente incompatibles en todas las etapas de la historia de la ciencia, Kuhn afirma que, como cosa deseable y como cosa de hecho a través de la mayor parte de su desarrollo actual, la ciencia es "normal", en el sentido de que hay un punto de vista dominante o "paradigma" sostenido en común por todos los miembros de la tradición; sólo en las ocasiones muy excepcionales y raras de las revoluciones científicas, vemos el desarrollo de otras opciones en competencia. Sin embargo, no es en las diferencias sino más bien en las similitudes entre sus opiniones en lo que yo estoy interesado.

En vista de estas similitudes, sólo es de esperar que las interpretaciones de la ciencia por Kuhn y

por Feyerabend puedan quedar expuestas a muchas de las mismas objeciones. Esto es lo que realmente sucede. En un trabajo anterior, en el cual comento el libro de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, hice una serie de críticas a sus ideas, que son en realidad notables, como las que he tratado de mostrar en conexión con Feyerabend [24]. La idea de Kuhn acerca de un "paradigma", como el concepto de "teoría" de Feyerabend, se vuelve tan amplia y general en el curso de su análisis que frecuentemente no podemos saber qué incluir en esta denominación y qué excluir. Asimismo, ninguno de los dos autores nos ofrece una norma para determinar qué cuenta como parte del significado de un término, o qué cuenta como cambio de significado, aun cuando estas ideas son centrales para sus descripciones de la ciencia. Comparten también otras críticas; sin embargo, más importante para los propósitos presentes es el hecho (que traté de establecer para Kuhn en mi reseña de su libro, y para Feyerabend en este capítulo) de que ambos conceptos dan por resultado el relativismo: las clases más fundamentales de cambio científico son en realidad remplazos completos; las diferencias científicas más fundamentales son en realidad incompatibilidades totales. Será instructivo para nosotros comparar las fuentes de este relativismo en ambos autores, porque la dificultad, como creo que se puede demostrar, es compartida por una gran cantidad de escritores actuales, representantes de lo que yo he llamado "la nueva filosofía de la ciencia", y es, creo yo, la principal trampa a la que se enfrenta esta concepción.

¿Cuál es el motivo, en opinión de Kuhn, para

aceptar un paradigma como mejor, más aceptable, que otro? Logra sin dificultad analizar la idea de progreso dentro de una tradición de paradigmas, o sea, dentro de una ciencia normal. Allí el "progreso" consiste en más articulación y especificación del paradigma tradicional "en condiciones nuevas o más estrictas" [1, p. 23]. El problema comienza al preguntar cómo podemos afirmar que se hace un "progreso" cuando un paradigma es remplazado, mediante una revolución científica, por otro, ya que, de acuerdo con Kuhn, "las diferencias entre sucesivos paradigmas son tanto necesarias como irreconciliables" [p. 102]; esas diferencias consisten en que los "paradigmas" son "inconmensurables". No están de acuerdo respecto a lo que son los hechos, y ni aun respecto a los problemas reales que deben enfrentarse y las pautas que una buena teoría debe satisfacer. Un cambio de paradigma implica "cambios en las normas que rigen los problemas, los conceptos y las explicaciones permisibles" [p. 105]; lo que es metafísica para una tradición de paradigma es ciencia para otra, y viceversa. De ello se desprende que las decisiones de un grupo científico para adoptar un nuevo paradigma no pueden basarse en buenas razones de ningún tipo, fácticas o no; todo lo contrario: lo que cuenta como buena razón es determinado por la decisión. A pesar de la presencia, en el libro de Kuhn, de condiciones para este relativismo extremo (aun cuando, como sucede con Feyerabend, estas calificaciones en realidad sólo contradicen su principal concepción), la tendencia lógica de su posición va claramente hacia la conclusión de que el remplazo de un paradigma por otro no es acumulativo sino que es mero cambio: siendo "in-

conmensurables", dos paradigmas no pueden ser juzgados por su capacidad para resolver los mismos problemas, ocuparse de los mismos hechos o inventar las mismas normas, porque los problemas, los hechos y las normas son todos definidos por el paradigma, y son distintos —*radical* e inconmensurablemente distintos— para diferentes paradigmas.

¡Cuán similar es esto al sendero lógico que conduce al relativismo en el caso de Feyerabend! En realidad, es fundamentalmente el mismo camino: los significados, ya sea fácticos o de cualquier otra índole, son dependientes de teorías-(paradigmas) y, por ello, son distintos para las diversas teorías (paradigmas), pues el que dos conjuntos de significados sean diferentes es para ellos ser "inconmensurables"; si dos teorías (paradigmas) son inconmensurables, no pueden ser comparadas directamente entre sí. Ni Kuhn ni Feyerabend logran ofrecer una base extrateórica (problemas, normas, experiencias independientes de toda teoría) sobre la base de cuáles teorías (paradigmas) pueden compararse o juzgarse indirectamente. Por tanto, *no* queda *ninguna* base para elegir entre ellas. La elección debe hacerse sin ninguna base, arbitrariamente.

Cuando su razonamiento (y las objeciones a él) se resumen de esta manera, resulta obvio que la raíz del relativismo de Kuhn y de Feyerabend y de las dificultades que llevan a ello estriba en su rígida concepción respecto a lo que equivale a una diferencia de significado, a saber, absoluta incomparabilidad, "inconmensurabilidad". Dos expresiones o conjuntos de expresiones deben tener exactamente el mismo significado, o de lo contrario deben ser total o por completo distintos. Si las teorías no son

invariables en sentido a lo largo de la historia de su desarrollo e incorporación en teorías más amplias y profundas, entonces esas sucesivas teorías (paradigmas) no pueden *realmente* compararse, a pesar de las aparentes similitudes que, entonces, deben ser rechazadas como no pertinentes y superficiales. Si el concepto de historia de la ciencia como proceso de "desarrollo por acumulación" es incorrecto, entonces la única opción es que debe ser un proceso completamente no acumulativo de remplazo. Nunca existe término medio y, por tanto, no debería sorprender que el rechazo de los principios positivistas de la invariabilidad de significado y del desarrollo por acumulación nos deje en una posición relativista, pues ésta es la única posibilidad que deja abierta este concepto de diferencia de significado. Pero este relativismo y las doctrinas que surgen en él, no son resultado de una investigación de la ciencia verdadera y su historia; más bien, son consecuencia puramente lógica de una preconcepción estrecha acerca de lo que es el "significado". No debería tampoco sorprender que la raíz de la dificultad, aunque no sea fácil de discernir sino después de un largo análisis, resulte ser algo muy simple, pues las dificultades filosóficas con frecuencia son de este tipo.

Así pues, luego de haber encontrado el lugar donde Kuhn y Feyerabend siguieron el camino equivocado y terminaron por darnos un completo relativismo respecto al desarrollo de la ciencia, ¿podremos ofrecer un terreno medio alterando su rígida idea de significado? Por ejemplo, ¿podemos decir que los significados pueden ser similares, comparables en ciertos sentidos, aunque también diferentes

en otros? Porque al optar por este camino, podríamos esperar conservar el hecho de que, por ejemplo, las dinámicas newtoniana y relativista *son* comparables —algo que Feyerabend y Kuhn niegan— aun siendo más fundamentalmente distintas de como las concepciones empiristas lógicas más usuales las presenten. Así pues, podríamos evitar, por medio de este expediente, los excesos *tanto* de la concepción positivista del desarrollo de la ciencia como proceso de desarrollo por acumulación (y sistematización), caracterizado por la invariabilidad del significado, *cuanto* la concepción de la "nueva filosofía de la ciencia", de que diferentes teorías, cuando menos diferentes teorías fundamentales (paradigmas), son "inconmensurables".

La sensatez de tomar este camino depende de cómo interpretemos este nuevo concepto de grados de parecido (o diferencia) de significados. Porque si todavía insistimos en alguna distinción entre lo que es y lo que no es, en el uso de un término, una parte del significado del término, entonces nos exponemos al peligro de relegar algunos rasgos del uso de un término a la categoría de "menos importante", de no ser "parte del significado". Sin embargo, esos mismos rasgos, para algunos propósitos, pueden demostrar que son los de importancia fundamental en la comparación de dos usos, ya que la importancia relativa de los rasgos de uso no debe ser consagrada en una distinción absoluta y *a priori* entre rasgos esenciales y no esenciales. Así, parece más prudente permitir que *todos* los rasgos del uso de un término sean igualmente pertinentes, en potencia, al comparar el uso de los términos en diversos contextos. Pero este paso releva la idea de significado de toda

importancia como útil para analizar las relaciones entre distintas "teorías" científicas. Si nuestro propósito es comparar los usos de dos términos (o del mismo término en diferentes contextos), y si *cualesquiera* de sus similitudes y diferencias son cuando menos potencialmente pertinentes para revelar relaciones esenciales entre los usos (la verdadera pertinencia e importancia sigue siendo determinada por el problema de ese momento más que por algún rasgo o característica intrínseca de los usos; su ser o no ser "parte del significado"), entonces, ¿cuál es la utilidad de referirse a esas similitudes y diferencias como similitudes y diferencias de "significado"? Una vez más, introducir el término "significado", e incluso admitir grados de significado, sugiere que puede haber similitudes y diferencias que no son "parte del significado" de los términos, y esto a su vez podría sugerir que esos rasgos son, en algún sentido intrínseco, esencial o absoluto, menos importantes que los rasgos que *sí son* "partes del significado". Pues para el propósito de buscar rasgos centrales de teorías científicas, y de comparar diferentes teorías, parece innecesario hablar de significados y, por otro lado, esa idea es potencialmente engañosa. Peor todavía, ya hemos visto cómo esa idea, que adquiere una importancia tan fundamental en las obras de Feyerabend y de Kuhn, *en realidad* ha sido un obstáculo, que lleva a dichos autores a desembocar en un callejón sin salida.

Todo esto no es sostener que *no podemos* o incluso que *no deberíamos* emplear el término "significado", aun si lo queremos a menudo, siempre que no permitamos que nos conduzca erróneamente, como condujo a Kuhn y a Feyerabend, o como es

posible que nos conduzca al hablar de "grados de parecido de significado". Tampoco equivale a decir que no podemos formular un criterio preciso de significado, que distinguiera entre lo que es y lo que no es, para contar como parte del significado, y que también serviría para especificar aquello que cuenta como cambio de significado. Tampoco equivale a afirmar que para algunos propósitos no podría ser muy valioso formular ese criterio preciso. Todo lo que hemos dicho es que, *si* nuestro propósito es entender el funcionamiento de los conceptos y teorías científicos, y las relaciones entre diferentes conceptos y teorías científicos, si por ejemplo nuestra finalidad es comprender términos como "espacio", "tiempo" y "masa" (o sus correlatos simbólicos) en la mecánica clásica y la relativista, y las relaciones entre esos términos tal como son usados en aquellas diferentes teorías, entonces *no hay necesidad* de introducir ninguna referencia a los significados. Y en vista de que ese término *ha* demostrado ser un obstáculo para el cumplimiento de este propósito, lo más sensato parece ser que lo evitemos por completo como herramienta fundamental al tratar esta clase de problemas.

Tanto la tesis de que los significados dependen de la teoría (o, como yo lo he dicho —más exactamente, como lo hemos visto— la teoría de presuposición del significado), como su opositora, la condición de invariabilidad del significado, se apoyan en una clase de error (o exceso). Esto no significa que no haya considerable verdad (así como también deformación) en ambas tesis. Hay, por ejemplo, como lo he argüido [24], afirmaciones que pueden hacerse, preguntas que pueden formularse, conceptos

que pueden ser sugeridos como posiblemente correctos, dentro del concepto de la física einsteiniana que no tendrían siquiera sentido —y que serían contradictorias— en el contexto de la física newtoniana. Y esas diferencias, tanto naturalmente como para muchos propósitos, provechosamente, pueden mencionarse como cambios de significado, indicando entre otras cosas que hay diferencia entre los términos que utiliza Einstein y los que emplea Newton que no surgen por la deducción de afirmaciones propias de la teoría newtoniana a partir de einsteinianas. Pero atribuir esas diferencias a las alteraciones del "significado" no debe cegarnos —como ha cegado a Kuhn y a Feyerabend— ante cualquier parecido que podría haber entre los dos conjuntos de términos.

Es una de las tesis fundamentales de la concepción de la ciencia, según Kuhn, que es imposible describir adecuadamente en palabras cualquier paradigma; el paradigma, "el concreto logro científico" que es la fuente de la coherencia de una tradición científica, debe ser visto como "anterior a los varios conceptos, leyes, teorías y puntos de vista que pueden abstraerse de ella" [1, p. 11], en vez de identificarlo con todos ellos. Sin embargo, ¿por qué (simplemente porque hay diferencias entre las concepciones o formulaciones de conceptos sostenidos por los miembros de lo que los historiadores clasifican como una "tradición" de la ciencia) *debe* haber una concepción única inexpresable, sostenida en común por todos los miembros de esa tradición? No cabe duda de que algunas teorías son muy similares, tan parecidas que pueden ser consideradas como "versiones" a

"diferentes articulaciones" de otra (o de "el mismo tema"). Pero esto no implica, como parece creerlo Kuhn, que debe haber un "paradigma" común del cual son expresiones incompletas e imperfectas las teorías similares, y del cual se toman. No es necesario que haya, unificando una "tradición" científica, un único e inexpresable paradigma que guíe los procedimientos, como no es necesario que nuestra capacidad de dar una única y sencilla definición del término "juego" signifique que debemos tener una idea unitaria e inexpresable de la cual se toman todos los diversos usos de la palabra "juego". Parecería que la idea de Kuhn de que, para que podamos hablar de "tradición científica", debe haber un único punto de vista sostenido en común por todos los miembros de esa tradición, tiene su fuente, asimismo, en el error de suponer que, a menos que haya una identidad absoluta, tiene que haber una diferencia absoluta. Donde hay similitud debe haber identidad, aun cuando pueda estar oculta; de lo contrario, sólo puede haber completa diferencia. Si hay tradiciones científicas, deben tener un elemento idéntico —un paradigma—, que unifique esa tradición. Y puesto que hay diferencias de formulación de las diversas leyes, teorías, reglas, etcétera, que forman esa tradición, el paradigma que los unifica debe ser inexpresable. Y como lo que es visible muestra diferencias, lo que une esas cosas debe ser invisible.

Así pues, de nuevo Kuhn ha cometido el error de pensar que hay sólo una alternativa: absoluta identidad o absoluta diferencia. Pero los datos que tenemos a mano son las similitudes y las diferencias; y ¿por qué no deben bastar para permitirnos hablar acerca de ideas más o menos similares y, para cier-

tos propósitos, clasificar puntos de vista suficientemente similares como, por ejemplo, partes de la misma tradición? Después de todo los desacuerdos, la proliferación de alternativas en competencia, los debates sobre hechos fundamentales, tanto sustantivos como metodológicos, están más o menos presentes en todo el desarrollo de la ciencia; y siempre hay elementos guía que son más o menos comunes, incluso entre las que se clasifican como "tradiciones" diferentes. Endureciendo la idea de una "tradición científica" en una unidad oculta, Kuhn se ve obligado *por un punto puramente conceptual* a pasar por alto muchas diferencias importantes entre actividades científicas clasificadas como pertenecientes a la misma tradición, así como también importantes continuidades entre tradiciones sucesivas. Éste es el mismo tipo de exceso en el que cae Feyerabend al imponer su propia concepción de "teoría" y "significado". Todo lo que es de valor positivo en el punto de vista de estos autores, y mucho de lo que es excluido por la lógica de sus errores, puede conservarse si tomamos en cuenta estos puntos.

(El ensayo concluye con un estudio de la dinámica del impulso y de la inercia.)

III. LA "CORROBORACIÓN" DE LAS TEORÍAS*

HILARY PUTNAM

SIR KARL POPPER es un filósofo cuya obra ha influido y estimulado virtualmente a todo estudioso de la filosofía de la ciencia. Esta influencia es en parte explicable sobre la base de salud mental de algunas de las actitudes fundamentales de sir Karl: "No hay ningún método que sea particular a la filosofía." "El aumento del conocimiento puede conocerse mejor estudiando el crecimiento del conocimiento científico."

> Los filósofos no deben ser especialistas. De mí puedo decir que estoy interesado en la ciencia y en la filosofía, sólo porque quiero saber algo acerca del enigma del mundo en que vivo, y el enigma del conocimiento de ese mundo por parte del hombre. Y creo que sólo una revitalización del interés en estos enigmas puede salvar a las ciencias y a la filosofía de una fe oscurantista en la capacidad especial del experto y en su personal conocimiento y autoridad.

Estas actitudes acaso sean un poco estrechas (¿puede estudiarse el crecimiento del conocimiento sin

* Tomado de *The Philosophy of Karl Popper*, presentada por Paul A. Schilpp, vol. I, pp. 221-240. Copyright 1974 por The Library of Living Philosophers, Inc. Se reproduce con autorización de The Open Court Publishing Company, La Salle, Illinois.

tener que estudiar también el conocimiento no científico?; ¿los problemas que Popper menciona son de interés meramente teórico, simplemente "enigmas"?), pero no tan estrechas como las de muchos filósofos; y la "fe oscurantista" contra la cual advierte Popper es un verdadero peligro. En parte esta influencia surge del realismo de Popper, de su negativa a aceptar las peculiares teorías del significado de los positivistas, y su separación de los problemas de la metodología científica, de los diversos problemas acerca de la "interpretación de las teorías científicas" que son internas en las teorías del significado de los positivistas y que los filósofos positivistas de la ciencia han continuado debatiendo (he analizado la teoría positivista del significado, en [38] *i*, cap. 14 y *ii*, cap. 5).

En este artículo quiero examinar sus concepciones acerca de la metodología científica —de lo que en general se llama "inducción", a pesar de que Popper rechaza este concepto— y, en particular, criticar los supuestos que Popper tiene en común con la recibida filosofía de la ciencia, más que los supuestos que son peculiares de Popper. Porque creo que hay una gran cantidad de esos supuestos comunes, y que representan un camino equivocado para comprender la ciencia.

1. El concepto de "inducción" de Popper

El propio Popper utiliza el término "inducción" para referirse a cualquier método de verificar o demostrar que son ciertas (o incluso probables) unas leyes generales sobre la base de datos experimentales

o de observación (lo que él llama "afirmaciones básicas").

Sus concepciones son de un modo radical humanas: no existe ni puede existir ese método. Un principio de inducción tendría que ser o bien sintético *a priori* (posibilidad que Popper rechaza) o justificado por un principio superior. Pero ese camino necesariamente conduce a una regresión infinita.

Lo novedoso es que Popper no saca en conclusión que la ciencia empírica es imposible ni que la ciencia empírica se apoya en principios que son, en sí mismos, incapaces de justificación. Antes bien, su posición es que la ciencia empírica no depende realmente de un principio de inducción.

Popper no niega que los científicos plantean leyes generales, ni que ponen a prueba esas leyes generales contra los datos de la observación. Lo que dice es que cuando un científico "corrobora" una ley general no afirma con ello que la ley sea verdadera o siquiera probable. "He corroborado esta ley en alto grado" sólo significa "he sometido esta ley a severas pruebas, y las ha resistido". Las leyes científicas son *falsables*, no verificables. Puesto que los científicos no están siquiera tratando de *verificar* leyes, sino de falsarlas, no se presenta el problema de Hume para los científicos empíricos.

2. Una breve crítica a la concepción de Popper

Es un hecho notable acerca del libro de Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, que sólo contiene una media docena de breves referencias a la *aplica-*

ción de las teorías y las leyes científicas y entonces todo lo que se dice es que la aplicación es otra *prueba* más para las leyes. "Mi opinión es que... el teórico está interesado en las explicaciones como tales, es decir, en las teorías explicativas comprobables: aplicaciones y predicciones le interesan sólo por razones teóricas, porque pueden ser usadas como *pruebas* de las teorías" [40, p. 59].

Cuando un científico acepta una ley, está recomendando a otros que confíen en ella; que confíen en ella, con frecuencia, en contextos prácticos. Sólo dislocando la ciencia del contexto en que realmente surge —el contexto de los hombres que tratan de cambiar el mundo y tratan de controlarlo— puede Popper plantear siquiera su peculiar concepción de la inducción.

Las ideas no son *simplemente* ideas; son guías para la acción. Nuestros conceptos de "conocimiento", "probabilidad", "certidumbre", etcétera, están todos ligados a contextos, y con frecuencia usados en ellos, en los cuales la acción está en disputa: ¿puedo confiadamente apoyarme en una determinada idea? ¿Confiaré en ella tentativamente, con cierta prudencia? ¿Es necesario comprobarla?

Si "esta ley es altamente corroborada", "esta ley es científicamente aceptada", y locuciones por el estilo significan simplemente "esta ley ha soportado severas pruebas", y no se ha sugerido para nada que una ley que ha soportado severas pruebas es probable que soportará otras como las pruebas implicadas en una aplicación o intentada aplicación, Popper estaría en lo cierto; pero entonces la ciencia sería una actividad por completo carente de importancia. Carecería prácticamente de importancia por-

que los científicos nunca nos dirían que se puede confiar en una ley o una teoría con propósitos prácticos; y sería carente de importancia para la finalidad de la comprensión, puesto que según la idea de Popper, los científicos nunca nos dicen que una ley o teoría es verdadera o siquiera probable. Saber que ciertas "conjeturas" (de acuerdo con Popper *todas* las *leyes científicas* son "conjeturas provisorias") no han sido todavía refutadas equivale a *no entender nada.*

Puesto que la aplicación de las ciencias científicas sí implica la anticipación de futuros éxitos, Popper no está en lo cierto al sostener que la inducción es innecesaria. Aun si los científicos no anticiparan inductivamente el futuro (y, por supuesto, sí lo hacen), los hombres que aplican leyes y teorías científicas lo hacen. Y no es un consejo sumamente razonable decir a esos hombres que "no hagan inducciones".

Tampoco es razonable el consejo de considerar todo conocimiento como "conjeturas provisorias". Consideremos a gente luchando en condiciones de *sweatshop.** ¿Deberían decir "es sólo una conjetura provisoria que el dueño del taller es un canalla? Suspendamos nuestra huelga y tratemos de apelar a su mejor índole". La distinción entre *conocimiento* y *conjetura* no funciona realmente en sus vidas; Popper puede mantener su extremo escepticismo sólo por su tendencia extrema a considerar la teoría como una finalidad en sí misma.

* Taller donde se impone un trabajo excesivo por paga que escasamente alcanza para la vida. [T.]

3. La corroboración según Popper

Aunque según Popper los científicos no hacen inducciones, en cambio sí "corroboran" teorías científicas. Y aunque la afirmación de que una teoría fue sumamente corroborada no significa, según Popper, que la teoría debe ser aceptada como verdadera, o siquiera como aproximadamente cierta[1] o siquiera como probable y aproximadamente cierta, sin embargo, no cabe duda de que la mayoría de los lectores de Popper interpretan su explicación de la corroboración como algo parecido a la verificación de las teorías, a pesar de sus protestas. En este sentido, Popper tiene, *contre lui*, una teoría de la inducción. Y es esta teoría, las determinadas presuposiciones de esta teoría, lo que criticaré en este ensayo. La reacción de Popper a esta forma de interpretarlo, dice lo siguiente:

> Mi reacción a esta réplica sería lamentar mi continuado fracaso, al no explicar mi punto principal con suficiente claridad. Porque el único propósito de la eliminación defendida por todos estos inductivistas fue *establecer lo más firmemente posible la teoría superviviente* que, según piensan ellos, debe ser la *verdadera* (o quizá, sólo una *sumamente probable* por cuanto no hemos logrado eliminar del todo toda teoría salvo la verdadera).
>
> En contra de esto no creo que podamos jamás reducir seriamente por eliminación el número de teorías en competencia, pues este número sigue siendo casi infinito. Lo que hacemos —o deberíamos hacer— es *sostener, por el momento, la más improbable de las teorías sobrevivientes*, o más precisa-

[1] Para un estudio de la "verdad aproximada", véase [36].

que los científicos nunca nos dirían que se puede confiar en una ley o una teoría con propósitos prácticos; y sería carente de importancia para la finalidad de la comprensión, puesto que según la idea de Popper, los científicos nunca nos dicen que una ley o teoría es verdadera o siquiera probable. Saber que ciertas "conjeturas" (de acuerdo con Popper todas las leyes científicas son "conjeturas provisorias") no han sido todavía refutadas equivale a *no entender nada.*

Puesto que la aplicación de las ciencias científicas sí implica la anticipación de futuros éxitos, Popper no está en lo cierto al sostener que la inducción es innecesaria. Aun si los científicos no anticiparan inductivamente el futuro (y, por supuesto, sí lo hacen), los hombres que aplican leyes y teorías científicas lo hacen. Y no es un consejo sumamente razonable decir a esos hombres que "no hagan inducciones".

Tampoco es razonable el consejo de considerar todo conocimiento como "conjeturas provisorias". Consideremos a gente luchando en condiciones de *sweatshop.** ¿Deberían decir "es sólo una conjetura provisoria que el dueño del taller es un canalla? Suspendamos nuestra huelga y tratemos de apelar a su mejor índole". La distinción entre *conocimiento* y *conjetura* no funciona realmente en sus vidas; Popper puede mantener su extremo escepticismo sólo por su tendencia extrema a considerar la teoría como una finalidad en sí misma.

* Taller donde se impone un trabajo excesivo por paga que escasamente alcanza para la vida. [T.]

3. La corroboración según Popper

Aunque según Popper los científicos no hacen inducciones, en cambio sí "corroboran" teorías científicas. Y aunque la afirmación de que una teoría fue sumamente corroborada no significa, según Popper, que la teoría debe ser aceptada como verdadera, o siquiera como aproximadamente cierta[1] o siquiera como probable y aproximadamente cierta, sin embargo, no cabe duda de que la mayoría de los lectores de Popper interpretan su explicación de la corroboración como algo parecido a la verificación de las teorías, a pesar de sus protestas. En este sentido, Popper tiene, *contre lui*, una teoría de la inducción. Y es esta teoría, las determinadas presuposiciones de esta teoría, lo que criticaré en este ensayo. La reacción de Popper a esta forma de interpretarlo, dice lo siguiente:

> Mi reacción a esta réplica sería lamentar mi continuado fracaso, al no explicar mi punto principal con suficiente claridad. Porque el único propósito de la eliminación defendida por todos estos inductivistas fue *establecer lo más firmemente posible la teoría superviviente* que, según piensan ellos, debe ser la *verdadera* (o quizá, sólo una *sumamente probable* por cuanto no hemos logrado eliminar del todo toda teoría salvo la verdadera).
>
> En contra de esto no creo que podamos jamás reducir seriamente por eliminación el número de teorías en competencia, pues este número sigue siendo casi infinito. Lo que hacemos —o deberíamos hacer— es *sostener, por el momento, la más improbable de las teorías sobrevivientes*, o más precisa-

[1] Para un estudio de la "verdad aproximada", véase [36].

> mente, la que pueda ser probada con más rigor. Tentativamente "aceptamos" esta teoría, pero sólo en el sentido de que la seleccionamos como digna de ser sometida a más crítica, y a las pruebas más severas que podamos inventar.
>
> Del lado positivo, podemos añadir que la teoría sobreviviente es la mejor teoría —y la mejor teoría comprobada— de la que tenemos noticia [40, p. 419].

Si descartamos la última frase, tenemos en forma pura la teoría que hemos estado criticando: cuando un científico "acepta" una teoría no afirma que es probable. En realidad ¡la "selecciona" como la más improbable! Sin embargo, en la última oración, ¿estoy equivocado o en verdad he detectado una vibración inductivista? ¿Qué significa "mejor teoría"? ¡A buen seguro Popper no quiere decir "más probable"!

4. El método científico, el esquema recibido

La común explicación "inductivista" de la confirmación[2] de las teorías científicas dice algo como esto: La teoría implica predicción (oración básica, u oración observacional); si la predicción es falsa, la teoría queda falsada; si suficientes cantidades de predicciones son ciertas, la teoría queda confirmada. A pesar de todo su ataque al inductivismo, el esque-

[2] "Confirmación" es el término en uso para el *apoyo* que un resultado positivo experimental u observacional da a una hipótesis; Popper se vale del término "corroboración", por regla general, pues objeta las connotaciones de "mostrar que es verdad" (o al menos probable) que él considera *concomitante* del primer término.

ma de Popper no es *tan* diferente: teoría implica predicción (oración básica); si la predicción es falsa, la teoría queda falsada; si cantidades suficientes de predicciones son ciertas, y se cumplen otras determinadas condiciones, la teoría es sumamente corroborada.

Además, esta interpretación de Popper tiene cierto apoyo. Popper afirma que la "teoría superviviente" es *aceptada;* su explicación es, por ende, una explicación de la lógica de aceptar teorías. Debemos separar dos preguntas: ¿está Popper en lo cierto acerca de lo que quiere significar el científico —o debería significar— cuando habla de una teoría como "aceptada"? y ¿está Popper en lo cierto acerca de la metodología implícita en el hecho de atribuir esa condición a una teoría? Lo que estoy diciendo es que su explicación de esa metodología se adecua al esquema recibido, aun cuando su interpretación de la situación sea muy distinta.

Desde luego, hay algunas condiciones importantes que Popper añade. Las predicciones que podríamos hacer sobre la base de un conocimiento del trasfondo, no ponen a prueba una teoría; sólo las predicciones son *improbables* en relación con un conocimiento de los antecedentes que pone a prueba una teoría. Y una teoría no es corroborada, según Popper, a menos que hagamos sinceros intentos por derivar falsas predicciones de ella. Popper considera que estas condiciones son antibayesianas;[3] pero

[3] El *teorema* de Bayes afirma, en términos generales, que la probabilidad de una *hipótesis H* al darse una evidencia *E* es directamente proporcional a la probabilidad de *E* dada la hipótesis *H*, y también directamente proporcional a la probabilidad antecedente de *H*: es decir, la

a mí me parece una confusión, al menos en parte. Una teoría que implica una predicción es improbable, sin duda, pero puede suceder que sea la más probable de todas las teorías que implican esa predicción. Si esto es así, y la predicción resulta cierta, entonces el propio teorema de Bayes explica por qué la teoría recibe una elevada probabilidad. Popper afirma que seleccionamos la más improbable de las teorías *supervivientes*, es decir, la teoría aceptada es sumamente improbable incluso *después* que la predicción haya resultado cierta; pero, por supuesto, ello depende de usar el término "probable" de un modo que ningún otro filósofo de la ciencia aceptaría. Y un bayesiano no está comprometido con la idea de que *cualquier* predicción acertada confirma significativamente una teoría. Comparto con Popper la idea de que las medidas cuantitativas de la probabilidad de las teorías no son empresa prometedora dentro de la filosofía de la ciencia (*cf.* [38] *i*, capítulo 18); pero esto no significa que el teorema de Bayes no tenga algún acierto *cualitativo*, al menos en muchas situaciones.

Sea todo esto como sea, el meollo del modelo de Popper es el vínculo teoría-predicción. Debido a que

probabilidad de H si no sabemos que E. El teorema afirma también que la probabilidad de H dada la evidencia E es menor, siendo iguales otras cosas, si la probabilidad de E sobre una suposición $\overline{H}$ (*no-H*) es mayor. Hoy, los teóricos de la probabilidad se dividen entre quienes aceptan el concepto de "probabilidad antecedente de una hipótesis", que es crucial para el teorema, y quienes rechazan este concepto, y por tanto el concepto de la probabilidad de una hipótesis con una evidencia dada. La primera escuela se llama de los "bayesianos", la segunda de los "antibayesianos".

las teorías implican frases básicas en el sentido de "implicar" asociado a la lógica deductiva —debido a que las oraciones básicas son DEDUCIBLES de las teorías— de acuerdo con Popper, las teorías y las leyes generales pueden ser falsables por las oraciones básicas. Y este mismo vínculo es el meollo del esquema "inductivista". Ambos modelos afirman lo siguiente: *Mirad las predicciones que una teoría implica; ved si dichas predicciones son verdaderas.*

Mi crítica va a ser de ese vínculo, de ese único punto en el que Popper y los "inductivistas" están de acuerdo. Yo afirmo: en muchos casos importantes, las teorías científicas no implican para nada predicciones. En lo que resta de este artículo quiero elaborar esto, y mostrar su significado para la filosofía de la ciencia.

5. LA TEORÍA DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

La teoría que utilizaré para ilustrar mis puntos de vista es una con la cual el lector está familiarizado: la teoría de Newton de la gravitación universal. Dicha teoría consiste en la ley de que todo cuerpo a ejerce sobre otro cuerpo b una fuerza F_{ab} cuya dirección es hacia a y cuya magnitud es una constante universal G veces M_aM_b/d^2, junto con las tres leyes de Newton. La elección de esta teoría particular no es esencial a mi caso; la teoría de Maxwell, o la de Mendel o la de Darwin habrían servido igualmente. Pero ésta tiene la ventaja de que todo el mundo la conoce.

¡Nótese que esta teoría no implica una sola oración básica! En realidad, todo movimiento es compatible

con esta teoría, puesto que no dice nada acerca de qué fuerzas aparte de la de gravitación pueden estar presentes. Las fuerzas F_{ab} no son en sí mismas directamente mensurables; en consecuencia, no puede deducirse de la teoría ni una sola *predicción*.

¿Qué hacemos, entonces, cuando aplicamos esta teoría a una situación astronómica? Típicamente, hacemos ciertas deducciones simplificadoras. Por ejemplo, si estamos deduciendo la órbita de la Tierra, podemos suponer como primera aproximación:

I) Ningún cuerpo existe excepto el Sol y la Tierra.
II) El Sol y la Tierra existen en un gran vacío.
III) El Sol y la Tierra no están sujetos a ninguna fuerza, salvo las fuerzas gravitacionales mutuamente inducidas.

De la conjunción de la teoría de la gravitación universal (GU) y de estos enunciados auxiliares (EA) podemos, por cierto, deducir determinadas predicciones —por ejemplo, las leyes de Kepler. Haciendo I), II) y III) más "realistas" —es decir incorporando otros cuerpos en nuestro sistema solar modelo— podemos obtener mejores predicciones. Pero es importante advertir que dichas predicciones no provienen de la sola teoría sino de la conjunción de la teoría con EA. Como los científicos actuales utilizan el término "teoría", las afirmaciones EA difícilmente podrían ser parte de la "teoría" de la gravitación.

6. ¿Es terminológica la cuestión?

No estoy interesado en hacer de esto una cuestión meramente *terminológica*. No sólo se trata de que

los científicos no emplean el término "teoría" para referirse a la conjunción de GU con EA, sino que ese empleo oscurecería profundos temas metodológicos. Una *teoría,* tal como el término se emplea actualmente, es un conjunto de *leyes.* Éstas son enunciados que esperamos que sean *verdaderos;* se supone que son verdaderos por la naturaleza de las cosas, y no simplemente por accidente. Ninguno de los enunciados I), II) y III) tiene este carácter. No creemos realmente que *ningún* cuerpo excepto el Sol y la Tierra existen, por ejemplo, sino tan sólo que todos los demás cuerpos ejercen fuerzas tan pequeñas que podemos dejarlas a un lado. No se supone que este enunciado sea una ley de la naturaleza: es un enunciado acerca de las "condiciones limítrofes" que se obtienen, de hecho, en un sistema particular. Borrar la diferencia entre EA y GU equivale a hacer desaparecer la diferencia entre *leyes* y *enunciados accidentales,* entre enunciados que el científico desea establecer como *verdaderos* (las leyes), y enunciados que ya sabe que son falsos (las simplificaciones excesivas de I), II) y III)).

7. URANO, MERCURIO, "COMPAÑEROS OSCUROS"

Aunque los enunciados EA *podrían* haberse expresado más cuidadosamente para evitar la objeción de que se sabe que son falsos, es sorprendente que no ocurra así en la práctica. En realidad, no se les "expresa" en absoluto. El cálculo de Newton de las leyes de Kepler hizo los supuestos I), II) y III) sin más que una indicación casual de que ello es lo que se hace. Una de las indicaciones más sorprendentes

de la diferencia entre una teoría (tal como GU) y un conjunto de EA es el gran cuidado que los científicos tienen al plantear la teoría, en contraste con el descuido con que introducen los diversos supuestos que conforman los EA.

Los EA también están mucho más sujetos a revisión que la teoría. Durante doscientos años, la ley de la gravitación universal fue aceptada como incuestionablemente cierta, y empleada como premisa de incontables definiciones científicas. Si la clase común de EA no condujo a una predicción correcta en ese periodo, deberían ser modificados ellos, no la teoría. En realidad, tenemos un ejemplo. Cuando las predicciones acerca de la órbita de Urano que se hicieron sobre la base de la teoría de la gravitación universal y la suposición de que los planetas conocidos eran todos resultó errónea, Leverrier en Francia y Adams en Inglaterra, predijeron simultáneamente que debía de haber otro planeta. De hecho, este planeta fue descubierto: era Neptuno. Si esta modificación a los EA no hubiera resultado, se habrían tratado o experimentado otros, por ejemplo, postulando la existencia de un medio a través del cual se desplazan los planetas, en lugar de un gran vacío, o postulando la existencia de importantes fuerzas no gravitacionales.

Se puede argüir que era fundamental que el nuevo planeta pudiera ser observable. Pero no es éste el caso. Ciertas estrellas, por ejemplo, muestran un comportamiento irregular. Esto se ha explicado postulando la existencia de compañeros. Cuando esos compañeros no son visibles a través del telescopio, se sugiere que las estrellas tienen *compañeros oscuros*, es decir, compañeros que no pueden verse a

través de un telescopio. El hecho es que muchos de los supuestos que se hacen en las ciencias no pueden demostrarse directamente. . . hay muchos "compañeros oscuros" en la teoría científica.

Por supuesto, tenemos finalmente el caso de Mercurio. La órbita de este planeta puede explicarse casi pero no del todo correctamente mediante la teoría de Newton. ¿Quiere decir esto que la teoría de Newton está errada? *A la luz de otra teoría,* afirma la teoría general de la relatividad, respondemos que "sí". Pero, a falta de ese tipo de teoría, la órbita de Mercurio es simplemente una leve anomalía, cuya causa se desconoce.

Lo que estoy arguyendo es que todo esto es práctica científica perfectamente aceptable. Es importante el hecho de que cualesquiera de los postulados EA pueda ser falso; en realidad, son falsos, tal como lo afirmamos y enunciados más cuidadosamente expresados también podrían ser falsos. No conocemos de seguro todos los cuerpos del sistema solar; no sabemos con seguridad que el medio en que se desplazan es (a un grado suficientemente elevado de aproximación en todos los casos) un vacío inflexible; no sabemos qué fuerzas no gravitacionales pueden dejarse de lado en todos los casos. Dado el abrumador triunfo de la Ley de la Gravitación Universal en casi todos los casos, una o dos anomalías no son motivo para rechazarla. Es más *probable* que los EA sean falsos a que la teoría lo sea, al *menos cuando no se ha propuesto seriamente otra* teoría.

8. El efecto sobre la doctrina de Popper

El efecto de este hecho sobre la teoría de Popper es inmediato. La Ley de la Gravitación Universal *no* es fuertemente falsable; sin embargo, es, sin duda, un paradigma de una teoría científica. Durante más de doscientos años, los científicos no falsaron GU; derivaron predicciones de GU para explicar varios hechos astronómicos. Si un hecho se mostraba recalcitrante a esta clase de explicación, era puesto a un lado como anomalía (el caso de Mercurio). La doctrina de Popper no da una explicación correcta de la *naturaleza de la teoría científica*, ni de la práctica de la comunidad científica en este caso.

Popper podría replicar que no está descubriendo lo que los científicos hacen sino lo que *deberían* hacer. ¿Deberían los científicos, entonces, no haber propuesto GU? ¿Era Newton un mal científico? Los científicos no trataron de falsar GU, porque no podían tratar de falsarla; las pruebas de laboratorio quedaban excluidas por la tecnología de la época y la debilidad de las interacciones gravitacionales. Así, los científicos se vieron limitados durante largo tiempo a los datos astronómicos. E incluso en los casos astronómicos surge el problema de que no es posible estar absolutamente seguros de que ninguna fuerza no gravitacional es pertinente en una situación dada (o que se han sumado *todas* las fuerzas gravitacionales). Por esta razón los datos astronómicos pueden *apoyar* la GU, pero difícilmente podrían *falsarla*. Habría sido incorrecto rechazar la GU debido a la desviación de la órbita de Mercurio; dado que la GU predecía las otras órbitas, hasta los límites del error de medición, no podía descartarse la posibili-

dad de que la desviación en este único caso se debiera a una fuerza desconocida, gravitacional o no gravitacional, y al dejar de lado el caso como cuestión que no podía explicarse ni se le podía atribuir un significado sistemático, los científicos *estaban* actuando como "debieran".[4]

Hasta aquí hemos dicho *i*) que las teorías no implican predicciones; es sólo la conjunción de una teoría con ciertos "enunciados auxiliares" (EA) lo que, en general, implica una predicción; *ii*) los EA frecuentemente son suposiciones acerca de condiciones limítrofes (incluyendo las condiciones iniciales como caso especial de "condiciones limítrofes"), y son suposiciones sumamente arriesgadas como tales; *iii*) puesto que estamos sumamente inseguros de los EA, no podemos considerar que una falsa predicción demuestra definitivamente que una teoría es falsa; las teorías *no* son fuertemente falsables. Todo esto no es negar que a veces los científicos derivan predicciones de teorías y de EA con objeto de poner a prueba las teorías. Si Newton no hubiera sido capaz de derivar las leyes de Kepler, por ejemplo, ni siquiera habría propuesto la GU. Pero aunque las predicciones que Newton hubiese obtenido de la GU hubieran sido totalmente erróneas, aun así la GU sería cierta: los EA podrían ser erróneos; así pues, aunque una teoría sea "derribada" por una prueba experimental, la teoría aún podría ser cierta, y la teoría puede regresar en una etapa posterior cuando se descubra que los EA no eran aproximaciones útiles a la situación verdadera. Tal como anteriormente se

[4] La respuesta de Popper a este tipo de críticas se analiza en [41, p. 1144].

ha señalado,[5] la falsación en la ciencia no es más concluyente que la verificación.

Todo esto refuta la opinión de Popper de que lo que el científico hace es proponer teorías "sumamente falsables", derivar predicciones de ellas, y luego tratar de falsar las teorías, falsando las predicciones. Pero esto no refuta la opinión común (lo que Popper llama la opinión "inductivista") de que los científicos tratan de *confirmar* teorías *y* EA derivando predicciones de ellos y verificando esas predicciones. Existe la objeción de que (en el caso de la GU) se sabía que los EA eran falsos, de modo que los científicos difícilmente tratarían de confirmarlas; pero a esto podemos decir que en principio, los EA pudieron ser formulados de manera más cuidadosa, y de haber sido lo bastante cautelosos no habrían resultado falsos.[6] Creo que, de hecho, hay cierta verdad en la opinión "inductivista": se demuestra que las teorías científicas son correctas mediante

[5] Este punto ha sido establecido por muchos autores. Lo que a menudo se pierde de vista es que, en casos como el que estamos analizando, las afirmaciones auxiliares son mucho menos ciertas que la teoría que está a prueba; sin esta observación, la crítica de que alguien *podría* conservar una teoría revisando los EA parece una pieza de lógica formal, sin verdadera relación con la práctica científica (véase [41, pp. 798 y 1144]).

[6] Tengo en mente decir "los planetas ejercen fuerzas unos sobre otros que son más de 0.999 (o cualquier cantidad) gravitacionales", en vez de "los planetas *no* ejercen fuerzas no gravitacionales unos sobre otros". Cambios similares en las otras EA podrían convertirlas en afirmaciones ciertas, aunque no carece de importancia metodológica *el que ningún científico, hasta donde yo sé,* se haya molestado en calcular exactamente qué cambios en las EA las harían ciertas sin dejar de conservar su utilidad.

sus logros, así como todas las ideas humanas se demuestra que son correctas, en la medida en que lo son, por sus éxitos en la práctica. Pero el modelo inductivista sigue siendo inadecuado, salvo como cuadro de un aspecto del procedimiento científico. En las siguientes secciones, trataré de mostrar que la actividad científica no puede, en general, pensarse como cuestión de derivar predicciones de la conjunción de teorías y EA, ya sea con propósitos de confirmación o con propósitos de falsación.

9. La ciencia según Kuhn

Recientemente, buen número de filósofos han comenzado a proponer una nueva versión de la actividad científica. Creo haber anticipado esta opinión unos diez años atrás, cuando argüí que no es posible rechazar algunas teorías científicas *solamente* por experimento y observación, sino tan sólo por otras teorías. Esta idea fue anticipada también por Hanson [18], pero alcanza su expresión más aguda en los escritos de Thomas Kuhn [1] y de Louis Althusser en sus libros *La revolución teórica de Marx* y *Para leer El capital.* Creo que ambos filósofos cometen errores; pero también creo que la tendencia que representan (y que yo también represento, por la misma razón) es una necesaria corrección al deductivismo que hemos estado examinando. En esta sección, presentaré algunas de las ideas de Kuhn, y luego trataré de hacerlas avanzar en la dirección de una formulación más aguda.

El meollo de la explicación de Kuhn es el concepto de *paradigma.* Kuhn ha sido legítimamente criticado

por algunas incongruencias e inexactitudes en el uso de esta idea; pero cuando menos una de sus explicaciones me parece bastante clara y adecuada a sus fines. Según esta explicación, un paradigma es simplemente una teoría científica junto con un ejemplo de alguna aplicación triunfal y sorprendente. Es importante que la aplicación —digamos, una buena explicación de algún hecho, o una predicción exacta y novedosa— sea *sorprendente*; lo que esto significa es que el éxito sea lo bastante impresionante para que los científicos —en especial los jóvenes que están eligiendo una carrera— sean movidos a tratar de emular ese triunfo buscando otras explicaciones, predicciones, o lo que sea, en el mismo modelo. Por ejemplo, una vez que se ha propuesto la GU y se tiene el ejemplo de la derivación newtoniana de las leyes de Kepler junto con el ejemplo de la derivación de, digamos, una o dos órbitas planetarias, entonces obtenemos un paradigma. Los paradigmas más importantes son los que generan campos científicos; el campo generado por el paradigma newtoniano fue, en primera instancia, todo el campo de la mecánica celeste. (Desde luego, este campo era sólo una parte del campo más vasto de la mecánica newtoniana, y el paradigma en el cual se basa la mecánica celeste es sólo uno, de una cantidad considerable de paradigmas que colectivamente estructuran la mecánica newtoniana.)

Kuhn sostiene que el paradigma que estructura un campo es sumamente inmune a la falsación; en particular, sólo puede ser destruido por un nuevo paradigma. En cierto sentido, esto es una exageración: probablemente la física newtoniana habría sido abandonada, incluso en ausencia de un nuevo para-

digma, si el mundo hubiera empezado a actuar de una manera marcadamente no newtoniana. (Aunque, aun entonces, ¿habríamos sacado en conclusión que la física newtoniana era falsa, o simplemente que no sabíamos qué estaba ocurriendo?) Pero entonces aun los antiguos éxitos, los éxitos que fueron paradigmáticos para la física newtoniana, habrían dejado de alcanzarse. Creo que lo cierto es que en ausencia de un cambio tan radical y sin precedentes del mundo, y al no resultar que los triunfos paradigmáticos tenían algo de "falso" (por ejemplo, que los datos fueron espurios, o que hubo un error en las deducciones), una teoría que es paradigmática no se abandona debido a resultados experimentales u observacionales por sí mismos, sino sólo porque y cuando se dispone de una teoría mejor.

Una vez establecido un paradigma, y ha formado en su derredor un campo científico, llegamos a un intervalo de lo que Kuhn denomina "ciencia normal". La actividad de los científicos durante un intervalo de esta clase es descrita por Kuhn como la solución de un "enigma", idea a la que volveré más adelante.

En general, el intervalo de la ciencia normal continúa, aun cuando no todos los enigmas del campo pueden ser satisfactoriamente resueltos (después de todo, la experiencia humana dice que algunos problemas son demasiado difíciles de resolver), aun cuando algunas de las soluciones pueden parecer *ad hoc*. Lo que pone fin al intervalo es la introducción de un nuevo paradigma que logra sobreseer al anterior.

Las afirmaciones más controvertidas de Kuhn tie-

nen que ver con el proceso por el cual un nuevo paradigma suplanta a uno anterior. En esta cuestión, Kuhn tiende a ser radicalmente subjetivista (demasiado, en mi opinión): en el sentido usual, los datos no pueden establecer la superioridad de un paradigma sobre otro, porque en sí mismos son percibidos a través de la lente de uno u otro paradigma. Cambiar de un paradigma a otro requiere un "cambio de *Gestalt*". La historia y la metodología de la ciencia vuelven a ser escritas cuando hay grandes cambios de paradigma, de manera que no se puede apelar a ningún canon histórico o metodológico. Kuhn también sostiene opiniones acerca del significado y la verdad que son relativistas y, a mi ver, incorrectas; pero no deseo analizar esto aquí.

Lo que quiero explorar es el intervalo que Kuhn denomina "ciencia normal". La expresión "solución de enigmas" es, desgraciadamente, muy trivializadora; buscar explicaciones a los fenómenos y maneras de dominar la naturaleza es parte demasiado importante de la vida humana para ser degradada (aquí Kuhn muestra la misma tendencia que lleva a Popper a denominar "enigma") al problema de la naturaleza del conocimiento. Pero el término es también sorprendente: Es claro que Kuhn no considera la ciencia normal como la actividad de tratar de falsar un enigma propio, ni tampoco como actividad de procurar confirmarlo, sino como algo distinto. Quiero tratar de presentar, acerca de Kuhn, un esquema para la ciencia normal, o más bien para un aspecto de la ciencia normal; esquema que pueda indicar por qué un importante filósofo e historiador de la ciencia utiliza la metáfora de solución de enigmas, a la manera en que lo hace Kuhn.

10. Esquemas para los problemas científicos

Consideremos los dos esquemas siguientes:

Esquema I

Teoría
Enunciados auxiliares
Predicción: ¿verdadera o falsa?

Esquema II

Teoría
???
Hecho por explicar

Estos son esquemas para los problemas científicos. En el primer tipo de problema tenemos una teoría, algunos EA, hemos derivado una predicción, y nuestro problema es comprobar si ésta es verdadera o falsa: la situación subrayada por la filosofía común de la ciencia. El segundo tipo de problema es totalmente distinto. Aquí tenemos una teoría, un hecho que debe explicarse, pero faltan los EA; la dificultad consiste en encontrar EA si es que podemos, que sean verdaderos, al menos aproximadamente (es decir, útiles sobresimplificaciones de la verdad), que deben asociarse a la teoría para obtener una explicación. De paso podríamos mencionar también un tercer esquema que pasa por alto la filosofía de la ciencia común:

Esquema III

Teoría
Enunciados auxiliares
???

Esto representa el tipo de problema en el cual tenemos una teoría, algunos EA, y queremos saber qué consecuencias podemos derivar. Este tipo de problema se deja de lado por tratarse de un problema "puramente matemático". Pero saber si un conjunto de enunciados tiene consecuencias demostrables depende de la solución de este tipo de problema, el cual con frecuencia es muy difícil; por ejemplo, poco se sabe, hasta la fecha, de lo concerniente a cuáles son las consecuencias físicas de la "teoría del campo unificado" de Einstein, precisamente porque el problema matemático de derivar dichas consecuencias es demasiado difícil. Con frecuencia, los filósofos de la ciencia escriben como si fuera *claro,* dado un conjunto de enunciados, precisamente qué consecuencias tienen o no tienen dichos enunciados.

Sin embargo, retornemos al esquema II. Dados los hechos conocidos concernientes a la órbita de Urano, y dados los hechos conocidos (antes de 1846) referentes a cuáles cuerpos forman el sistema solar, y los EA comunes de que dichos cuerpos se mueven en un vacío duro, sujeto sólo a las mutuas fuerzas gravitacionales, etcétera, resulta evidente que había un problema: no se podía calcular debidamente la órbita de Urano, si suponíamos que Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Saturno, Júpiter y Urano eran todos los planetas que existen, y que dichos planetas, junto con el Sol, formaban todo el sistema solar. Sea S_1 la conjunción de los diversos EA que acabamos de mencionar, incluyendo la afirmación de que el sistema solar consiste al menos, pero no necesariamente, sólo en los cuerpos mencionados. Entonces nos enfrentamos al problema siguiente:

Teoría: GU
EA: S_1
Más EA: ???

Explanandum: la órbita de Urano

Nótese que el problema no consiste en encontrar más leyes explicativas (aunque a veces pueda suceder, en un problema acerca de la forma del esquema II); consiste en hallar más supuestos acerca de las condiciones iniciales y limítrofes que gobiernan al sistema solar, que, junto con la Ley de la Gravitación Universal y las otras leyes que forman GU (es decir, las leyes de la mecánica newtoniana) nos permitirán explicar la órbita de Urano. Si no se requiere que las afirmaciones que faltan sean verdaderas, o aproximadamente verdaderas, entonces hay un número infinito de soluciones, hablando desde el punto de vista matemático. Aun si incluimos en S_1 que ninguna fuerza no gravitacional está actuando sobre los planetas o sobre el Sol, existe todavía una cantidad infinita de soluciones. Pero trataremos en primer lugar el supuesto más sencillo, a saber:

(S_2) Existe un planeta único en el sistema solar, además de los mencionados en S_1.

Analicemos ahora el siguiente problema:

Teoría: GU
EA: S_1, S_2

Consecuencia ??? Resulta que el planeta desconocido debe tener una cierta órbita 0

Éste es un problema matemático que resolvieron Leverrier y Adams (un ejemplo del esquema III). Ahora consideremos el siguiente problema empírico:

Teoría: GU
EA: S_1, S_2
Predicción: existe un planeta desplazándose
en una órbita 0: ¿Verdad o mentira?

Este problema es un ejemplo del esquema I, ejemplo que normalmente no se toma en cuenta, porque uno de los EA, es decir, la afirmación S_2, no se sabe *en absoluto si es verdadera. En realidad*, S_2 está funcionando como hipótesis de nivel inferior, que deseamos comprobar. Pero la prueba no es inductiva en el sentido usual, porque una verificación de la predicción es también una verificación de S_2, o más bien de la aproximada verdad de S_2 (que es todo lo que nos interesa en este contexto). Neptuno no fue el único planeta desconocido en 1846; aún quedaba por descubrirse Plutón. El hecho es que estábamos interesados en este problema en 1846, porque sabemos que si la predicción resulta verdadera, entonces esa predicción es precisamente el enunciado S_3 que necesitamos para la siguiente deducción;

Teoría: GU
EA: S_1, S_2, S_3
Explanandum: la órbita de Urano

Es decir, el enunciado S_3 (que el planeta mencionado en S_2 tiene precisamente la órbita 0)[7] es la solución al problema con el que comenzamos. En este caso empezamos con un problema del tipo esquema II:

[7] Estoy empleando la palabra "órbita" en el sentido de una trayectoria en el espacio-tiempo, no simplemente una vía espacial.

introdujimos el supuesto S_2 como supuesto simplificador, con la esperanza de resolver más fácilmente el problema original; y tuvimos la buena suerte de poder deducir S_3 —la solución del problema original— a partir de GU junto con S_1, S_2 y la buena fortuna más importante de que S_3 resultara cierto cuando se realizó la prueba en el observatorio de Berlín. Los problemas del tipo esquema II son mencionados a veces por los filósofos de la ciencia cuando los EA faltantes son *leyes*; pero el caso que acabamos de examinar, en donde el faltante EA sólo era otro hecho contingente acerca del sistema particular, casi nunca se analiza. Quiero sugerir que el esquema II muestra la forma lógica de lo que Kuhn denomina un "enigma".

Si examinamos el esquema II podremos darnos cuenta de por qué es tan apropiado el término "enigma". Cuando nos enfrentamos a un problema de esta clase, buscamos algo para llenar un "orificio" —a menudo, algo de una clase bastante poco especificada— y eso es una especie de *enigma*. Además, esta suerte de problemas está sumamente extendido en la ciencia. Supongamos que queremos explicar el hecho de que el agua es un líquido (en condiciones normales) y que contamos con las leyes de la física; el hecho es que ese problema es sumamente difícil. En realidad se necesitan leyes mecánicas cuánticas. Pero eso no significa que a partir de la física clásica se puede deducir que el agua *no* es un líquido; más bien el físico clásico descartará este problema llegado a cierta altura como "demasiado difícil", es decir, llegará a la conclusión de que no ha podido encontrar los EA correctos.

El hecho de que el esquema II sea la forma lógi-

ca de los "enigmas" de la ciencia normal explica un buen número de hechos. Cuando se está abordando un problema del tipo del esquema II no se trata de derivar una predicción a partir de GU más determinados EA; el problema total consiste en hallar esos EA. La teoría —GU o cualquiera otra— *no se puede falsar en el contexto.* Tampoco se trata de una "confirmación"; *no está funcionando en un papel hipotético.* Las fallas no falsan una teoría, porque la falla no es una falsa predicción a partir de una teoría, junto con hechos conocidos y dignos de confianza, sino el no *encontrar* algo; en realidad, no encontrar un EA. Las teorías, mientras funcionan, son sumamente inmunes a la falsación; esa vigencia termina con la aparición en escena de una teoría mejor (o una técnica explicativa nueva), y no a causa de una frase básica. Y los éxitos no "confirman" una teoría, una vez que se ha convertido en paradigmática, porque la teoría no es una "hipótesis" que necesite confirmación sino la base de toda una técnica explicativa y predictiva, y también posiblemente de una tecnología.

Para resumir: he sugerido que la común filosofía de la ciencia, tanto "popperiana" como no popperiana, ha quedado fija en la situación en la cual derivamos predicciones a partir de una teoría, y que ponen a prueba dichas predicciones con objeto de falsar o confirmar la teoría, es decir, en la situación representada por el esquema I. He sugerido que, a modo de contraste, consideramos que los "enigmas" de la "ciencia normal" muestran la pauta representada por el esquema II, la pauta en la cual suponemos que una teoría está fija, consideramos como fijo el hecho que se debe explicar y busca otros

hechos —a menudo contingentes[8] acerca del sistema particular— que nos permitirán incluir la explicación del hecho particular, sobre la base de la teoría. Sugiero que adoptando este punto de vista podremos apreciar mejor, tanto la relativa infalsabilidad de las teorías que han alcanzado la categoría de paradigmas, como el hecho de que las "predicciones" de la teoría física con frecuencia son hechos que conocemos de antemano, y no cosas sorprendentemente relativas al conocimiento de los antecedentes.

Considerar que el esquema II describe todo lo que ocurre entre la introducción de un paradigma y su ulterior remplazo por otro mejor sería, sin embargo, un craso error en la dirección opuesta. El hecho es que la ciencia normal muestra una dialéctica entre dos tendencias conflictivas (por lo menos, potencialmente conflictivas) *pero interdependientes*, y que es el conflicto de estas tendencias lo que hace avanzar a la ciencia normal. El deseo de resolver un problema del tipo del esquema II —explicar la órbita de Urano— nos conduce a una nueva hipótesis (si bien de muy inferior nivel): a saber, S_2. Poner a prueba a S_2 implicó derivar de ella S_3 y poner a prueba a S_3 nos llevó a la situación del tipo del esquema I. A su vez, S_3 sirvió como solución al problema original. Esto ilustra las dos tendencias, y también la manera como son interdependientes, además de la forma en que su interacción hace avanzar a la ciencia.

La tendencia representada por el esquema I es la tendencia *crítica*. Popper tiene razón al hacer hincapié en la importancia de esta tendencia, y hacer

[8] Por "contingente" estoy indicando *no físicamente necesario*.

esto seguramente es una contribución de su parte. Contribución que ha influido en muchos filósofos. Los científicos desean saber si sus propias ideas son erróneas, y tratan de descubrir si sus ideas son erróneas derivando predicciones de ellas, y comprobando dichas predicciones. Es decir, hacen esto *cuando pueden.* La tendencia representada por el esquema II es la tendencia *explicativa.* El elemento de conflicto surge porque en una situación del tipo del esquema II existe la tendencia a considerar la teoría dada como *conocida,* mientras que en una situación del tipo del esquema I tendemos a considerarla como *problemática.* La interdependencia es evidente: la teoría que sirve como premisa mayor en el esquema II *puede* en sí misma haber sido superviviente de una prueba popperiana (aunque no es necesario que lo haya sido: GU fue aceptada sobre la base de sus éxitos explicativos no sobre la base de sus sobrevivientes falsaciones intentadas). Y la solución a un problema del tipo del esquema II debe confirmarse, con frecuencia a partir de una prueba del tipo esquema I. Si la solución es una ley general, más que una afirmación en particular, esa ley puede convertirse en un paradigma, que nos conduzca a nuevos problemas del tipo del esquema II. En suma, las intentadas falsaciones realmente "corroboran" las teorías, no simplemente en el sentido de Popper, en el cual esto es una tautología, sino en el sentido que él niega, demostrar que están en lo cierto, o al menos en parte, y las explicaciones sobre la base de leyes que son consideradas como *conocidas* frecuentemente requieren la introducción de *hipótesis.* Así, la tensión entre las actitudes de la explicación y la crítica impulsa el progreso de la ciencia.

11. KUHN CONTRA POPPER

Como era de esperar, existen diferencias considerables entre Kuhn y Popper sobre el tema de la falsabilidad de las teorías científicas. Kuhn subraya la manera en que una teoría científica puede resultar inmune a la falsación, mientras que Popper hace hincapié en dicha falsación como el *sine qua non* de una teoría científica. Las respuestas de Popper a Kuhn dependen de dos ideas que debemos ahora examinar: la idea de una hipótesis auxiliar y la de una *estratagema convencionalista.*

Popper reconoce que derivar de una teoría una predicción puede requerir el uso de hipótesis auxiliares (aunque el término "hipótesis" tal vez sea engañoso, al sugerir algo como leyes putativas, antes que suposiciones acerca de, digamos, las condiciones limítrofes). Pero él considera éstos como parte del "sistema" total puesto a prueba. Una "estratagema tradicionalista" consiste en salvar una teoría a partir de un resultado experimental contrario, haciendo un cambio *ad hoc* en las hipótesis auxiliares. Y Popper acepta esto como regla metodológica fundamental del método empírico para evitar estratagemas tradicionalistas.

¿Vale esto como réplica a las objeciones de Kuhn? ¿Contraviene esto nuestras propias objeciones, en la primera parte de este trabajo? No. En primer lugar, las "hipótesis auxiliares" EA *no son fijas en* el caso de GU, sino que dependen del contexto. Simplemente no se puede pensar en GU como parte de un "sistema" fijo cuya otra parte sea un conjunto fijo de hipótesis auxiliares cuya función consiste en hacer que GU sea "sumamente comprobable".

En segundo lugar, una alteración de las propias creencias puede ser *ad hoc* sin ser irracional. "*Ad hoc*" simplemente significa "para este propósito específico". Por supuesto, *ad hoc* ha adquirido la connotación de "irrazonable", pero esto es algo distinto. La suposición de que ciertas estrellas tienen compañeros oscuros es *ad hoc* en el sentido literal: Se hace la suposición con el propósito específico de explicar el hecho de que ningún compañero es visible. Es también sumamente razonable.

Ya se ha señalado que los EA no sólo dependen del contexto sino que son sumamente inciertos, en el caso de GU y en muchos otros casos. Por ende, cambiar los EA, o siquiera decir en un contexto particular "no sabemos cuáles son los EA correctos" puede ser *ad hoc* en el sentido literal que acabamos de señalar, pero no lo es en el sentido extenso de "irrazonable".

12. CAMBIO DE PARADIGMA

¿Cómo llega un paradigma a ser aceptado, para empezar? La opinión de Popper es que una teoría queda corroborada si pasa por severas pruebas: una predicción (cuyo valor de verdad no se conoce como antecedente) debe derivarse de la teoría, y la verdad o la falsedad de esa predicción debe averiguarse.

La severidad de la prueba depende del conjunto de oraciones básicas excluidas por la teoría, y también de la improbabilidad de la predicción en relación con el conocimiento anterior. El caso ideal es aquel en que una teoría que descarta una gran cantidad de frases básicas implica una predicción

que es muy improbable en relación con el conocimiento antecedente.

Popper señala que la idea de la cantidad de frases básicas anuladas por una teoría no puede entenderse en el sentido de cardinalidad; propone antes bien medirla por medio de conceptos de *improbabilidad* o *contenido*. No me parece cierto que la improbabilidad (en el sentido de [im] probabilidad) lógica mida la falsabilidad, en el sentido que le da Popper: GU *no* excluye frases básicas, por ejemplo, pero tiene una probabilidad lógica de *cero* en cualquier sistema métrico común. Y ciertamente no es verdad que el científico siempre elija "la más improbable de las hipótesis supervivientes" en *cualquier* medida de probabilidad, salvo en el sentido trivial de que todas las leyes estrictamente universales tienen probabilidad de cero. Pero mi preocupación no se refiere a los detalles técnicos de Popper sino a la idea principal.

Para evaluar esta idea veamos cómo GU llega a ser aceptada. Newton comenzó por derivar las leyes de Kepler a partir de GU y de los EA que mencionamos al principio: ésta no era una "prueba", en el sentido de Popper, porque ya se sabía que las leyes de Kepler eran verdaderas. Luego demostró que GU explicaba las mareas sobre la base de la atracción gravitacional de la luna; tampoco esto era una "prueba" en el sentido de Popper, porque ya se conocía la existencia de las mareas. Luego pasó muchos años demostrando que las pequeñas perturbaciones (que ya eran conocidas) en las órbitas de los planetas podían ser explicadas por GU. A esta altura, todo el mundo civilizado había aceptado —y, en verdad, aclamado— la GU; ¡pero no había sido "corroborada" en el sentido de Popper!

Si buscamos una "prueba" de GU en el sentido de Popper —*una derivación de una nueva predicción*, arriesgada en relación con el conocimiento antecedente— no encontramos ninguna hasta el experimento de Cavendish de 1781[9]... ¡Casi un siglo después que la teoría fue presentada! La predicción de S_3 (la órbita de Neptuno) a partir de GU y de los enunciados auxiliares S_1 y S_2 también pueden considerarse como confirmación de GU (¡en 1846!); aunque es difícil considerarla como una prueba rigurosa de GU en vista de que la suposición S_2 tenía una categoría más tentativa que GU.

Resulta fácil ver qué salió mal. Una teoría no se acepta a menos que tenga verdaderos éxitos explicativos. Aunque una teoría puede conservarse legítimamente por medio de cambios en los EA que son, en un sentido, *"ad hoc"* (aunque no *irrazonable*), sus *éxitos* no deben ser *ad hoc*. Popper exige que *no se sepa con anticipación que las predicciones* de una teoría son ciertas, con objeto de excluir "éxitos" *ad hoc;* pero la condición exigida es demasiado fuerte.

Popper está en lo cierto al pensar que una teoría corre un riesgo durante el periodo de su establecimiento. En el caso de GU, el peligro no era de la clase de una falsación definitiva; era el riesgo de que Newton no encontrara EA razonables con ayuda de los cuales pudiera obtener éxitos explicativos reales (no *ad hoc*) para GU. El no poder explicar las mareas a partir de la atracción gravitacional de la luna no habría, por ejemplo, falsado a GU pero el éxito ciertamente lo apoya muy poderosamente.

[9] También podríamos mencionar la predicción, por Clairault, del perihelio del cometa Halley en 1759.

En suma, una teoría sólo es aceptada si tiene éxitos explicativos fundamentales, no *ad hoc*. Esto va de acuerdo con Popper; desgraciadamente, va aún más de acuerdo con las explicaciones "inductivistas" que Popper rechaza, pues éstas subrayan más el *apoyo* que la *falsación*.

13. En la práctica

El error cometido aquí por Popper, no es una pequeña falla aislada. Lo que Popper no comprende en ningún momento es que la *práctica es primordial:* las ideas no son simplemente un fin en sí mismas (aunque son *en parte* una finalidad en sí mismas), como tampoco lo es la selección de ideas para "criticarlas". La importancia primordial de las ideas es que guían la práctica, que estructuran formas completas de vida. Las ideas científicas guían la práctica en la ciencia, en la tecnología y, a veces, en la vida pública y privada. En la ciencia nos interesa tratar de descubrir ideas correctas: contra lo afirmado por Popper, esto no es *oscurantismo* sino *responsabilidad*. Obtenemos nuestras ideas —las correctas, y muchas de las incorrectas— estudiando de cerca el mundo. Popper niega que la acumulación de experiencia perceptiva conduzca a las teorías: está en lo cierto al decir que no conduce a teorías en un sentido mecánico o algorítmico; pero sí conduce a teorías en el sentido de que es una regularidad de importancia metodológica que *i*) la falta de experiencia con fenómenos y con conocimiento anterior acerca de los fenómenos disminuye la probabilidad de que las ideas sean marcadamente correctas; y *ii*) la ex-

periencia extensa aumenta la probabilidad de que las ideas sean correctas, o parcialmente correctas, de una manera marcada. "No existe la lógica del descubrimiento"... en ese sentido, no hay tampoco lógica de *probar*; todos los algoritmos formales propuestos para prueba por Carnap, Popper, Chomsky, etcétera, son, para decirlo sin ambages, *ridículos*: si no creen esto, ¡prográmese una computadora para que emplee uno de estos algoritmos y véase lo bien que lo hace probando teorías! Hay *máximas* para el descubrimiento y máximas para la comprobación: la idea de que las ideas correctas caen del cielo, mientras los métodos de verificación son sumamente rígidos y predeterminados, es uno de los peores legados del Círculo de Viena.

Pero lo correcto de una idea no es certificado por el hecho de que proviene de un estudio cercano y concreto, de los aspectos pertinentes del mundo; en este sentido, Popper tiene razón. Juzgamos la corrección de nuestras ideas aplicándolas y viendo si tienen éxito; en general, a la larga, las ideas correctas conducen al éxito, y las ideas llevan al fracaso cuando son incorrectas. No ver la importancia de la práctica conduce directamente a no ver la importancia que tiene el éxito.

No comprender que la práctica es primordial, también lleva a Popper a la idea de una clara "demarcación" entre ciencia, por un lado, e ideas políticas, filosóficas y éticas, por el otro. En mi opinión, esta "demarcación" es perniciosa; fundamentalmente, corresponde a la separación que hace Popper entre la teoría y la práctica, y a su correlativa separación de la tendencia crítica en ciencia de la tendencia explicativa en la ciencia. Por último, al no

comprender la supremacía de la práctica lleva a Popper a conclusiones políticas bastante reaccionarias. Los marxistas creen que existen leyes de la sociedad; que estas leyes se pueden conocer; y que los hombres pueden y deben actuar sobre la base de este conocimiento. No es mi intención argüir que esta concepción marxista es correcta; pero seguramente toda concepción que descarte esto es reaccionaria *a priori*. Y sin embargo, esto es precisamente lo que hace Popper... ¡y en nombre de una filosofía *anti-a priori* del conocimiento!

En general y a la larga, las ideas verdaderas son las que triunfan... ¿cómo lo sabemos? Este enunciado también es acerca del mundo; un enunciado al que hemos llegado a partir de la experiencia del mundo; y creemos en la práctica a la cual corresponde esta idea, y en la idea que informa esa clase de práctica, sobre la base de que creemos en toda idea buena... ¡que lo ha probado con el éxito! En este sentido, la "inducción es circular". ¡Por supuesto lo es! La inducción no tiene una justificación deductiva; la inducción no es la deducción. Las justificaciones circulares no necesitan ser totalmente autoprotectoras, ni tampoco ser totalmente no informativas.[10] El pasado éxito de la "inducción" aumenta nuestra confianza en ella, y su pasado fracaso o falla disminuye esa confianza. El hecho de que una justificación es circular sólo significa que esa justificación no tiene el poder de servir como *razón*, a menos que la persona a la que se da esa razón ya tenga propensión a aceptar la conclusión. Tenemos una proclividad —una proclividad *a priori*, si se

[10] Esto ha sido subrayado por el profesor Max Black en buen número de artículos.

quiere— a razonar "inductivamente", y el pasado éxito de la "inducción" aumenta esa propensión.

El método de comprobar ideas en la práctica y depender de aquellas que triunfen (pues es esto lo que significa "inducción") no carece de justificación. Se trata de una afirmación *empírica*. El método no tiene "justificación"... si por justificación entendemos una prueba a partir de principios internos y formales que justifican la confianza en el método. Pero, entonces, nada lo tiene... en mi opinión, ni siquiera la lógica formal y la matemática pura.

IV. LA RACIONALIDAD DE LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS*

SIR KARL POPPER

EL TÍTULO de esta serie de Conferencias Spencer, *Progreso y obstáculos al progreso en las ciencias*, fue escogido por los organizadores de la serie. En mi opinión, el título parece implicar que el progreso en la ciencia es algo bueno, y que un obstáculo a su progreso es algo malo, posición sostenida por casi todo el mundo, hasta hace muy poco tiempo. Tal vez yo debería aclarar al punto que acepto esta posición, aunque con algunas reservas leves y bastante obvias, a las que brevemente haré alusión más adelante.

Desde luego, los obstáculos que se deben a la inherente dificultad de los problemas planteados son desafíos bien recibidos. (En realidad, muchos científicos se sintieron desilusionados cuando resultó que el problema de la energía nuclear fue comparativamente trivial, y que no implicó ningún cambio revolucionario de la teoría.) Pero el estancamiento en la ciencia sería una maldición. Empero, estoy de acuerdo con la sugerencia del profesor Bodmer

* Copyright 1975, 1981, por Sir Karl Popper y reproducido con autorización del autor. Ésta fue una de las Herbert Spencer Lectures que fueron pronunciadas en la Universidad de Oxford en 1973. Impresa por primera vez en *Problems of Scientific Revolution*, pp. 72-101, presentada por Rom Harré (copyright 1975, Oxford University Press).

de que el progreso científico es sólo una ventaja *condicionada.*[1] Encaremos esto: las ventajas *sí* son condicionadas con algunas excepciones excesivamente raras.

Mi conferencia se dividirá en dos partes. La primera (secciones I-VIII) la tengo dedicada al progreso en la ciencia, y la segunda (secciones IX-XIV) a algunos de los obstáculos sociales puestos al progreso.

Recordando a Herbert Spencer, analizaré el progreso en la ciencia en gran parte *a partir de un punto de vista evolucionista;* más precisamente, a partir del punto de vista de la teoría de la selección natural. Sólo el final de la primera parte (es decir en la sección VIII) estará dedicado a analizar el progreso de la ciencia *a partir de un punto de vista lógico,* y a proponer *dos normas racionales* de progreso en la ciencia, que serán necesarias en la segunda parte de mi charla.

En la segunda parte analizaré unos cuantos obstáculos puestos al progreso de la ciencia, especialmente obstáculos ideológicos, y concluiré (secciones XI-XIV) analizando la distinción entre

[1] Véase, en la actual serie de Herbert Spencer Lectures, la observación final de la colaboración del profesor W. F. Bodmer (*Problems of Scientific Revolution: Progress and Obstacles to Progress in the Sciences,* Oxford, Clarendon Press, 1975). Mis propias dudas con respecto al avance y al estancamiento científico brotan principalmente del espíritu modificado de la ciencia, y el desarrollo incontenido de la Ciencia Grande, que pone en peligro la gran ciencia (véase la sección IX de esta conferencia). La biología parece haberse librado hasta hoy de ese peligro pero, desde luego, no de los peligros relacionados con los anteriores que tienen que ver con las aplicaciones en grande escala.

revoluciones científicas por una parte, que están sujetas a normas racionales de progreso y, por la otra, *revoluciones ideológicas*, que sólo rara vez se pueden defender desde un punto de vista racional. Me pareció que esta distinción tenía suficiente interés para llamar a mi conferencia "la racionalidad de las revoluciones científicas". El hincapié al respecto debe hacerse, por supuesto, en la palabra "científicas".

I

Hablaré ahora del progreso en la ciencia. Enfocaré este tema desde un punto de vista biológico o evolucionista. Estoy muy lejos de sugerir que sea este el punto de vista más importante para examinar el progreso en la ciencia. Pero el enfoque biológico ofrece una manera conveniente de introducir las dos ideas principales de la primera mitad de mi charla. Son las ideas de *instrucción* y de *selección*.

Desde un punto de vista biológico o evolucionista, la ciencia, o el progreso en la ciencia, puede considerarse como un medio empleado por la especie humana para adaptarse al medio, para invadir nuevos nichos ambientales, e incluso para inventar otros.[2] Esto conduce al siguiente problema.

[2] La formación de proteínas membranosas, de los primeros virus y de las células acaso se hayan encontrado entre las primeras invenciones (en contraste con invasiones) de nuevos nichos ambientales. Otros nichos ambientales (como una capa de enzimas inventada por genes por lo demás desnudos) acaso fuesen inventados aún antes. Algunas personas (hegelianos, marxistas) gustan de hablar —o, más bien, de quejarse— de lo que llaman "enajena-

Podemos distinguir entre tres grados de adaptación: la adaptación genética, el aprendizaje conductista adaptativo, y el descubrimiento científico, que es un caso especial de aprendizaje conductista adaptativo. En esta parte de mi artículo, el principal problema será hacer una investigación de las similitudes y las diferencias entre las estrategias del progreso o la adaptación al nivel *científico* y esos otros dos niveles: el *genético* y el *conductista.* Compararé los tres niveles de adaptación investigando el papel que desempeña en cada uno de ellos la *instrucción* y la *selección.*

II

Para no conducir a ustedes a ciegas al resultado de esta comparación presentaré, de una vez, mi tesis principal. Es una tesis que asevera la *similitud fundamental de los tres niveles,* de la siguiente manera. En los tres niveles —adaptación genética, conducta adaptativa y descubrimiento científico— el mecanismo de adaptación es en lo fundamental el mismo. Esto puede explicarse con cierto detalle.

La adaptación comienza a partir de una *estructura* heredada que es básica para los tres niveles: *la estructura genética del organismo.* A ella corresponde, al nivel conductista, el *repertorio innato* de

ción". No hay duda de que toda invención considerable, como una capa de enzimas o digamos un impermeable, nos enajena de nuestro medio y de nuestra "naturaleza esencial". (Algunos de estos inventos, como los cigarros puros, aumentan poco nuestro bienestar general.) Pero "invención" y por tanto "enajenación" parecen ser características de la vida (más que del "capitalismo"). Y prescindir de ellas puede significar el retorno al gene desnudo.

los tipos de comportamiento de que dispone el organismo, y al nivel científico, *las conjeturas o teorías científicas dominantes*. Estas *estructuras* siempre se transmiten por *instrucción* a los tres niveles, por medio de la duplicación de la instrucción genética codificada a los niveles genético y conductual, y por tradición social e imitación a los niveles conductual y científico. En los tres niveles, la *instrucción* procede de *dentro de la estructura*. Si ocurren mutaciones, variaciones o errores, éstos son instrucciones nuevas, que también surgen *de dentro de la estructura*, y no de *fuera* del medio.

Estas estructuras heredadas están expuestas a ciertas presiones o desafíos o problemas: presiones de selección, desafíos ambientales, problemas teóricos. Como respuesta, se producen variaciones de las *instrucciones* genética o tradicionalmente heredadas,[3] por métodos que al menos de manera parcial son *aleatorios*. Al nivel genético, éstas son mutaciones y recombinaciones[4] de la instrucción codificada; al nivel conductista, son variaciones y recombinaciones tentativas dentro del repertorio innato; al nivel científico, son teorías tentativas nuevas y revolucionarias. En los tres niveles obte-

[3] Es problema abierto saber si podemos hablar en estos términos ("en respuesta") acerca del nivel genético (*cf.* mi conjetura acerca de los mutagenes que responden, en la sección v). Y sin embargo, si no hubiera variaciones, no podría haber adaptación ni evolución; y así podemos decir que el surgimiento de mutaciones es, o bien parcialmente controlado por una necesidad de ellos, o funciona como si lo fuera.

[4] Cuando en esta conferencia hablo (en gracia a la brevedad) de "mutación"; la posibilidad de recombinación, desde luego, siempre se encuentra tácitamente incluida.

nemos nuevas instrucciones de proceso tentativas; o, dicho más brevemente, pruebas tentativas.

Es importante que estas pruebas tentativas sean cambios que se originen *dentro* de la estructura individual en forma más o menos aleatoria, a los tres niveles. La idea de que *no* se deben a instrucciones desde fuera del ambiente, queda apoyada (aunque débilmente) por el hecho de que unos organismos muy similares pueden responder a veces en formas muy diversas ante un mismo desafío ambiental.

La siguiente es la etapa de *selección* entre las *mutaciones y variaciones disponibles: las de los nuevos juicios tentativos que están mal adaptados quedan eliminadas. Ésta es la etapa de la eliminación del error.* Sólo las instrucciones de proceso más o menos bien adaptadas sobreviven y son heredadas a su vez. Podemos hablar así de *adaptación por el método de prueba y error* o, mejor aún, por "el método de prueba y la eliminación del error". La eliminación del error, o de las instrucciones de prueba mal adaptadas, también se llama *selección natural*: es una especie de "realimentación negativa", y opera en los tres niveles.

Debe notarse que en general no se alcanza ningún *estado de equilibrio de la adaptación* por aplicación del método de prueba y la eliminación del error ni por selección natural. En primer lugar porque no es probable que se ofrezcan soluciones de prueba perfectas u óptimas; segundo —y esto es más importante— porque el surgimiento de nuevas estructuras o de nuevas instrucciones requiere un cambio en la situación ambiental. Pueden volverse pertinentes nuevos elementos del medio y surgir en consecuencia, nuevas presiones, nuevos desafíos, nuevos problemas,

como resultado de los cambios estructurales que han surgido de dentro del organismo.

Al nivel genético, el cambio puede ser la mutación de un gene, con el consiguiente cambio de una enzima. Ahora bien, la red de enzimas constituye el medio más íntimo de la estructura genética. Por consiguiente, habrá un cambio en este medio; con él pueden surgir nuevas relaciones entre el organismo y el medio más remoto, y además nuevas presiones de selección.

Lo mismo ocurre al nivel conductista, pues la adopción de un nuevo tipo de conducta puede equipararse las más de las veces con la adopción de un nuevo nicho ecológico. Surgirán, por consiguiente, nuevas presiones de selección y nuevos cambios genéticos.

Al nivel científico, la adopción tentativa de una nueva conjetura o teoría puede resolver uno o dos problemas, pero invariablemente abre muchos *nuevos* problemas; y es que una nueva teoría revolucionaria funciona exactamente como un nuevo y poderoso órgano sensorio. Si el progreso es considerable, entonces los nuevos problemas diferirán de los antiguos, estarán a un nivel de profundidad radicalmente distinto. Esto ocurrió, por ejemplo, con la relatividad; ocurrió con la mecánica cuántica, y ocurre ahora mismo, de la manera más espectacular, con la biología molecular. En cada uno de estos casos, nuevos horizontes de problemas inesperados quedaron al descubierto por la nueva teoría.

Ésta es, sugeriré yo, la forma en que progresa la ciencia. La mejor manera de calibrar nuestro progreso es comparando nuestros antiguos problemas con los nuevos. Si el progreso logrado es grande,

entonces los nuevos problemas serán de un carácter no soñado antes. Habrá problemas más profundos y, de paso, habrá más. Cuanto más avanzamos en conocimiento, más claramente podemos discernir la vastedad de nuestra ignorancia.[5]

Resumiré ahora mi tesis. A los tres niveles que estoy considerando, los niveles genético, conductual y científico, estamos operando con estructuras heredadas que nos han sido legadas por instrucción; sea mediante el código genético, sea por tradición. A los tres niveles, surgen nuevas estructuras y nuevas instrucciones mediante cambios de prueba *de dentro de la estructura*: por pruebas tentativas que están sujetas a la natural selección o la eliminación del error.

III

Hasta aquí he subrayado las *similitudes* en el funcionamiento del mecanismo adaptativo a los tres niveles. Esto plantea un problema obvio: ¿qué decir de las *diferencias?* La principal diferencia entre el nivel genético y el conductista es la siguiente. Las mutaciones, a nivel genético, no sólo son aleatorias sino completamente "ciegas", en dos sentidos.[6] En

[5] La percatación de nuestra ignorancia ha sido grande como resultado, por ejemplo, de la asombrosa revolución producida por la biología molecular.

[6] Para el empleo del término "ciego" (especialmente en el segundo sentido), véase D. T. Campbell, "Methodological suggestions from a comparative psychology of knowledge processes", *Inquiry* 2, pp. 152-182, 1959; "Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes", *Psychol. Rev.* 67, pp. 380-400, 1960; y "Evolutionary epistemology", en *The philosophy*

primer lugar, no tienden, en absoluto, a un objetivo. En segundo, la supervivencia de una mutación no puede influir sobre mutaciones ulteriores, ni siquiera sobre las frecuencias de probabilidad de su aparición; aunque reconocidamente, la *supervivencia* de una mutación puede determinar a veces qué tipos de mutaciones podrían *sobrevivir* en casos futuros. Al nivel conductista, las pruebas son más o menos aleatorias, pero no son por completo "ciegas" en ninguno de los dos sentidos antes anotados. En primer lugar, van dirigidas hacia un objetivo, y en segundo, los animales pueden aprender por el resultado de una prueba: pueden aprender a evitar el tipo de comportamiento de pruebas que ha conducido a un fracaso. (Pueden evitarlo hasta en los casos en que habría podido tener éxito.) De manera similar, también pueden aprender del éxito, y un comportamiento que tuvo éxito puede repetirse aun en casos en que no es adecuado. Sin embargo, cierto grado de "ceguera" es inherente a todas las pruebas.[7]

Es habitual que la adaptación conductual sea un

of Karl Popper, The library of living philosophers, P. A. Schilpp (comp.), pp. 413-463, The Open Court Publishing Co., La Salle, Illinois, 1974.

[7] Mientras que la "ceguera" de las pruebas es relativa a lo que hemos descubierto en el pasado, la aleatoriedad es relativa a un conjunto de elementos (que forman el "espacio de muestras"). Al nivel genético, estos "elementos" son los cuatro nucleótidos de base; al nivel de la conducta son los constituyentes del repertorio del comportamiento del organismo. Estos constituyentes pueden adquirir diferentes pesos con respecto a diferentes necesidades o metas, y el peso puede cambiar por medio de la experiencia (reduciendo el grado de "ceguera").

proceso intensamente activo: el animal —en especial el animal joven, jugando— y aun la planta están investigando activamente el medio.[8]

Esta actividad, que en gran parte es genéticamente programada, me parece a mí que marca una diferencia importante entre el nivel genético y el nivel conductista. Voy a referirme aquí a la experiencia que los psicólogos *gestaltistas* llaman *insight*, una experiencia que acompaña muchos descubrimientos conductuales.[9] Sin embargo, no debe pasarse por

[8] Acerca de la importancia de la participación activa, véase R. Held y A. Hein, "Movement produced stimulation in the development of visually guided behaviour", *J. comp. Physiol. Psychol.*, 56 pp. 872-876, 1963; *cf.* J. C. Eccles, *Facing reality*, pp. 66-67. La actividad es, al menos parcialmente, producir hipótesis; véase J. Krechevsky, "Hypothesis *versus* 'chance' in the pre-solution period in sensory discrimination-learning", *Univ. Calif. Publ. Psychol.*, 6, pp. 27-44, 1932 (reproducido en *Animal problem solving*, A. J. Riopelle (comp.), pp. 183-197), Penguin Books, Harmondsworth, 1967.

[9] Tal vez deba yo mencionar aquí algunas de las diferencias entre mis opiniones y las de la escuela de la *Gestalt*. (Desde luego, yo acepto el hecho de la percepción *Gestalt;* sólo dudo de lo que podría llamarse filosofía de la *Gestalt*.) Conjeturaré que la unidad, o la articulación, de la percepción depende más de los sistemas de control motores y de los sistemas neurales eferentes del cerebro que de sistemas aferentes: que depende mucho del repertorio conductual del organismo. Conjeturaré que una araña o un ratón nunca tendrá *insight* (como el simio de Köhler) de la posible unidad de los dos palos que pueden unirse, porque manipular palos de tal tamaño no está dentro de su repertorio conductual. Todo esto puede interpretarse como una especie de generalización de la teoría James-Lange de las emociones (1884; véase William James, *The principles of psychology*, vol. II, pp. 449 *ss.*, 1890, Macmillan and Co., Londres), extendiendo la teoría de nuestras emociones

alto que hasta un descubrimiento acompañado por "inside" puede ser *erróneo*: cada prueba, y hasta una prueba con "inside", tiene la naturaleza de una conjetura o una hipótesis. Los simios de Köhler, como se recordará, a veces atinan con *insight* en lo que resulta ser un intento erróneo por resolver su problema; y aun grandes matemáticos se ven a veces engañados por la intuición. Así, animales y hombres han de poner a prueba sus hipótesis; tienen que emplear el método de prueba y eliminación del error.

Por otra parte, convengo con Köhler y con Thorpe[10] en que las pruebas de los animales que están resolviendo problemas en general no son completamente ciegas. Sólo en casos extremos, cuando el problema al que se enfrenta el animal no cede a la verificación de una hipótesis, recurrirá el animal a intentos más o menos ciegos o aleatorios para salir de una situación desconcertante. Y sin embargo,

a nuestras percepciones (especialmente las percepciones de *Gestalt*) que así no nos son "dadas" (como en la teoría de la *Gestalt*) sino antes bien "hechas" por nosotros "descifrando claves" (relativamente "dadas"). El hecho de que las claves puedan desencaminarnos (ilusiones ópticas en los hombres, ilusiones falsas en animales, etc.) puede explicarse por la necesidad biológica de imponer nuestras interpretaciones conductuales a claves sumamente simplificadas. La conjetura de nuestro desciframiento de lo que nos dicen los sentidos depende de nuestro repertorio conductual puede explicar parte de la laguna que separa a los animales de los hombres; pues por medio de la evolución del lenguaje humano, nuestro repertorio se ha vuelto ilimitado.

[10] Véase W. H. Thorpe, *Learning and instinct in animals*, pp. 99 *ss.* Methuen, Londres, 1956, y 1963, pp. 100-147; W. Köhler, *The mentality of apes*, 1925, y Penguin Books ed., 1957, pp. 166 *ss.*

aun en estos intentos suele distinguirse la tendencia a un objetivo, en agudo contraste con la ciega aleatoriedad de las mutaciones y recombinaciones genéticas.

Otra diferencia entre el cambio genético y el cambio conductual adaptativo es que el primero *siempre* establece una estructura genética rígida y casi invariable. El último, reconocidamente, conduce *a veces* también a una pauta de comportamiento bastante rígida, que exige adhesión dogmática; radicalmente en el caso de la "impronta" (Konrad Lorenz); pero en otros casos conduce a una pauta flexible que permite diferenciación o modificación; por ejemplo, puede conducir a una conducta exploradora, o a lo que Pavlov llamó el "reflejo de libertad".[11]

Al nivel científico, los descubrimientos son revolucionarios y creadores. En realidad, hay que atribuir cierta creatividad a todos los niveles, aun al genético: nuevas pruebas, que conducen a nuevos medios y así a nuevas presiones de selección, crean resultados nuevos y revolucionarios en todos los

[11] Véase I. P. Pavlov, *Conditioned reflexes*, esp. pp. 11-12, Oxford University Press, 1927. En vista de lo que él llama "comportamiento exploratorio" y del muy cercanamente relacionado "comportamiento de libertad" —ambos, obviamente basados en los genes— y de la importancia de éstos para la actividad científica, me parece que el comportamiento de los conductistas que se esfuerzan por sobreseer el valor de la libertad por lo que llaman "refuerzo positivo" puede ser síntoma de una inconsciente hostilidad a la ciencia. Incidentalmente, lo que B. F. Skinner (*cf.* su *Beyond freedom and dignity*, 1972, Cape, Londres) llama "la literatura de la libertad" no surgió como resultado de un esfuerzo negativo, como él sugiere. Antes bien, surgió con Esquilo y Píndaro, como resultado de las victorias de Maratón y Salamina.

niveles, aun cuando haya poderosas tendencias conservadoras incrustadas en varios mecanismos de instrucción.

La adaptación genética sólo puede operar, desde luego, dentro del plazo de unas cuantas generaciones; digamos por lo menos una o dos generaciones. En organismos que se dupliquen muy rápidamente éste puede ser un periodo breve, y sencillamente puede no haber espacio para una adaptación conductual. Los organismos que se reproducen de manera más lenta se ven obligados a inventar una adaptación conductual para adaptarse a los rápidos cambios ambientales. Necesitan, así, un repertorio conductual con tipos de conducta de mayor o menor espacio o gama. Puede suponerse que el repertorio y el espacio de los tipos disponibles de comportamiento han sido genéticamente programados; y dado que, como lo hemos indicado, puede decirse que un nuevo tipo de conducta incluye la elección de un nuevo nicho ambiental, los nuevos tipos de conducta *pueden ser, en realidad, genéticamente creadores*, pues a su vez pueden determinar nuevas presiones de selección, decidiendo así, de modo indirecto, la evolución futura de la estructura genética.[12]

[12] Así, el comportamiento exploratorio y la solución de problemas crean nuevas condiciones para la evolución de sistemas genéticos; condiciones que afectan profundamente la selección natural de estos sistemas. Podemos decir que una vez que se ha alcanzado cierta latitud de comportamiento —como la han alcanzado hasta organismos unicelulares (véase especialmente la obra clásica de H. S. Jennings, *The behaviour of the lower organisms*, Columbia University Press, Nueva York, 1906)— la iniciativa del organismo al seleccionar su ecología o hábitat asume el mando, y la selección natural dentro del nuevo

Al nivel del descubrimiento científico surgen dos aspectos nuevos. El más importante es que las teorías científicas puedan formularse *lingüísticamente*, y que hasta puedan publicarse. Se vuelven así objetos fuera de sí mismos: objetos abiertos a la investigación. Por consiguiente, están ahora abiertos a la *crítica*. Podemos así deshacernos de una teoría mal montada antes de que la adopción de la teoría nos haga ineptos para sobrevivir: criticando nuestras teorías podemos dejar que las teorías mueran en lugar de nosotros. Desde luego, esto es de importancia inmensa.

El otro aspecto también está conectado con el lenguaje. Una de las novedades del lenguaje humano es que estimula el contar cuentos, y así la *imaginación creadora*. El descubrimiento científico es afín a los cuentos explicativos, a la creación de mitos y a la imaginación poética. El desarrollo de la imaginación aumenta, desde luego, la necesidad de

hábitat sigue su guía. De esta manera, el darwinismo puede simular al lamarckismo, y hasta la "evolución creadora" de Bergson. Esto ha sido reconocido por estrictos darwinistas. Para una brillante presentación y estudio de la historia, véase Sir Alister Hardy, *The living stream*, Collins, Londres, 1965, especialmente conferencias VI, VII y VIII, donde se encontrarán muchas referencias a bibliografía anterior, desde James Hutton (que murió en 1797) hacia adelante (véanse pp. 178 *ss.*). Véase también Ernst Mayr, *Animal species and evolution*, The Belknap Press, Cambridge, Mass., y Oxford University Press, Londres, 1963, páginas 604 *ss.* y 611; Erwin Schrödinger, *Mind and Mater*, Cambridge University Press, 1958, cap. 2; F. W. Braestrup, "The evolutionary significance of learning", en *Vidensk. Meddr dansk naturh. Foren.*, 134, pp. 89-102, 1971 (con una bibliografía); y también mi primera Conferencia Herbert Spencer (1961) ahora en [45].

cierto control así como, en la ciencia, la crítica interpersonal: la cooperación amistosa-hostil de los científicos que parcialmente se basa en la competencia y parcialmente en la meta común de acercarse a la verdad. Esto y el papel desempeñado por la instrucción y la tradición me parece a mí que agotan los principales elementos sociológicos esencialmente incluidos en el progreso de la ciencia, aunque, desde luego, más podría decirse acerca de los obstáculos sociales al progreso, o de los peligros sociales inherentes al progreso mismo.

IV

Ya he sugerido que el progreso en la ciencia o en el descubrimiento científico depende de *instrucción* y de *selección*: de un elemento conservador o tradicional o histórico, y de un empleo revolucionario de la prueba y la eliminación del error mediante la empíricas; dicho en otras palabras, intentos por sondear las posibles flaquezas de las teorías e intentos por refutarlas.

Desde luego, el científico en particular puede tratar de establecer su teoría, más que refutarla. Pero desde el punto de vista del progreso en la ciencia, este deseo fácilmente podrá desencaminarlo. Además, si él mismo no examina con ojo crítico su teoría favorita, otros lo harán por él. Los únicos resultados que éstos considerarán que apoyan la teoría serán los fracasos de intentos interesantes por refutarla; el no encontrar contra-ejemplos cuando tales contra-ejemplos más podían esperarse a la luz de las mejores teorías competidoras. Así, no

necesita crear un gran obstáculo a la ciencia si el científico en particular se inclina en favor de una de sus teorías predilectas. Sin embargo, yo pienso que Claude Bernard fue muy sabio cuando escribió: "Los que tienen una fe excesiva en sus ideas no están bien capacitados para hacer descubrimientos."[13]

Todo esto forma parte del enfoque crítico a la ciencia, en contraste con el enfoque inductivista; o del enfoque darwiniano o eliminacionista o seleccionista en contraste con el enfoque lamarckiano que opera con la idea de *instrucción desde fuera,* o desde el medio, mientras que el enfoque crítico o seleccionista sólo tolera una *instrucción desde dentro*: desde dentro de la estructura misma.

De hecho, yo afirmo que *no existe cosa que pueda llamarse instrucción desde fuera de la estructura,* o recepción pasiva de una afluencia de información que se imprime en nuestros órganos sensorios. Todas las observaciones están impregnadas de teoría: no existe una información pura, desinteresada, libre de teorías. (Para ver esto podemos tratar, mediante un poco de imaginación, de comparar la observación humana con la de una hormiga o una araña.)

Francis Bacon se mostró preocupado, con razón, por el hecho de que nuestras teorías pueden prejuiciar nuestras observaciones. Esto le llevó a aconsejar a los científicos que evitaran el prejuicio purificando su mente de todas las teorías. Siguen dándose recetas similares.[14] Mas para llegar a la objetividad

[13] Citado por Jacques Hadamard, *The psychology of invention in the mathematical field,* Princeton University Press, 1945, y edición Dover, 1954, p. 48.

[14] Los psicólogos conductistas que estudian las "tenden-

no podemos depender de una mente vacía: La objetividad descansa en la crítica, en la discusión crítica y en el examen crítico de los experimentos.[15] Y debemos reconocer, en particular, que nuestros propios órganos sensorios incorporan lo que equivale a prejuicios. Ya he subrayado (en el capítulo II) que las teorías son como órganos sensorios. Deseo decir ahora que nuestros órganos sensorios son como teorías. *Incorporan* teorías adaptativas (como se ha mostrado en el caso de conejos y gatos). Y estas teorías son resultado de la selección natural.

V

A pesar de todo, ni siquiera Darwin o Wallace, para no hablar de Spencer, dieron con que no existe instrucción desde fuera. Ellos no operaron con argumentos puramente seleccionistas. De hecho, con frecuencia arguyeron de acuerdo con lineamientos

cias del experimentador" han descubierto que algunas ratas blancas tienen un desempeño decididamente mejor que otras si el experimentador es llevado a pensar (erróneamente) que la primera pertenece a un linaje seleccionado por su alta inteligencia. Véase "The effect of experimenter bias on the performance of the albino rat", *Behav. Sci.* 8, pp. 183-189, 1963. La lección que sacan los autores de estos artículos es que deben hacerse los experimentos por "ayudantes de investigación que no sepan cuál es el fin deseado" (p. 188). Como Bacon, esos autores ponen sus esperanzas en la mente vacía, olvidando que las expectativas del director de investigación pueden comunicarse, sin revelación explícita, a sus ayudantes de investigación, así como parecen comunicarse unos a otros, de cada ayudante a sus ratas.

[15] Compárese mi [40], sec. 8. y mi [45].

lamarckianos.[16] En esto parecen haber estado errados; y sin embargo, puede valer la pena especular sobre unos posibles límites al darwinismo, pues siempre debemos estar en busca de posibles opciones a cualquier teoría dominante.

Pienso que aquí pueden establecerse dos puntos. El primero es que el argumento contra la herencia genética de características adquiridas (como mutilaciones) depende de la existencia de un mecanismo genético en que haya una distinción bastante clara entre la estructura genética y la parte restante del organismo: el soma. Pero este mecanismo genético debe ser, a su vez, producto tardío de la evolución, e indudablemente fue precedido por otros varios mecanismos de índole menos compleja. Además, *sí* se heredan ciertos tipos muy especiales de mutilaciones; más particularmente, mutilaciones de la estructura genética por obra de la radiación. Si suponemos, por tanto, que el organismo primitivo fue un gene desnudo entonces hasta podemos decir que se heredará toda mutilación no letal a este organismo. Lo que no podemos decir es que este hecho contribuye en alguna forma a explicar la adaptación genética o el aprendizaje genético, salvo indirectamente por selección natural.

El segundo punto es éste. Podemos considerar la conjetura muy tentativa de que, como respuesta somática a ciertas presiones ambientales, se produce algún mutagene químico, que viene a aumentar lo

[16] Es interesante recordar que Charles Darwin en sus últimos años creyó en la herencia ocasional aun de mutilaciones. Véase su obra *The variation of animals and plants under domestication*, segunda edición, vol. I, pp. 466-470, 1875.

que se ha llamado la tasa de mutación espontánea. Éste sería una especie de efecto semilamarckiano, aun si la *adaptación* procediera exclusivamente de la eliminación de mutaciones; es decir, por selección natural. Desde luego, puede no haber mucho en esta conjetura, pues parece que la tasa de mutaciones espontánea basta para la evolución adaptativa.[17]

Establecemos aquí estos dos puntos tan sólo como advertencia contra una adherencia demasiado dogmática al darwinismo. Desde luego, yo conjeturo que el darwinismo tiene razón, aun al nivel del descubrimiento científico, y que tiene razón aun más allá de este nivel: que hasta tiene razón al nivel de la creación artística. No descubrimos nuevos hechos o nuevos efectos copiándolos, ni infiriéndolos inductivamente por observación, o por ningún otro método de instrucción del ambiente. Antes bien, nos valemos del método de prueba y eliminación del error. Como lo expresa Ernst Gombrich, "hacer es antes que comparar";[18] la producción activa de una nueva estructura de prueba viene antes que su exposición a pruebas eliminatorias.

[17] Tengo entendido que no se conocen mutagenes específicos (que actúen selectivamente, tal vez de acuerdo con una secuencia particular de codones en lugar de otros). Y sin embargo, su existencia no resultaría sorprendente en este campo de sorpresas; y pueden explicar los "puntos calientes" mutacionales. Sea como fuere, parece existir una verdadera dificultad para concluir, basándose en la ausencia de específicos mutagenes conocidos, que no existen los mutagenes específicos. Así, me parece a mí que sigue en pie el problema sugerido en el texto (la posibilidad de una reacción a ciertas corrientes por la producción de mutagenes).

[18] *Cf.* Ernst Gombrich, *Art and illusion*, 1960, y ediciones posteriores; véase en el Índice "hacer y emparejar".

VI

Sugeriré, por lo tanto, que concibamos la forma en que la ciencia progresa un tanto sobre los lineamientos de las teorías de Niels Jerne y de Sir Macfarlane Burnet sobre la formación de anticuerpos.[10] Las anteriores teorías sobre formación de anticuerpos supusieron que el antígeno funciona como modelo negativo para la formación del anticuerpo. Esto significaría que sí hay *instrucción desde fuera,* desde el antígeno invasor. La idea fundamental de Jerne fue que la instrucción o información que capacita al anticuerpo a reconocer el antígeno es, literalmente, innata: que es parte de la estructura genética, aunque posiblemente sujeta a un repertorio de variaciones mutacionales. Es transmitida por el código genético, por los cromosomas de las células especializadas que producen los anticuerpos; y la reacción inmunizadora es resultado de una estimulación del crecimiento dada a estas células por el complejo antígeno-anticuerpo. Así, estas células son *seleccionadas* con ayuda del medio invasor (es decir, con ayuda del antígeno), y no instruidas. (La analogía con la selec-

[10] Véase Niels Kai Jerne, "The natural selection theory of antibody formation; ten years later", en *Phage and the origin of molecular biology,* ed. J. Cairns *et al.* (comp.), pp. 301-312, 1966; también "The natural selection theory of antibody formation", *Proc. natn. Acad. Sci.* 41, pp. 849-857, 1955, "Immunological speculations", *A. Rev. Microbiol.* 14, pp. 341-358, 1960; "The immune system", *Scient. Am.,* 229, p. 52-60, julio de 1973. Véase también Sir Macfarlane Burnet, "A modification of Jerne's theory of anti-body production, using the concept of clonal selection", *Aust. J. Sci.* 20, pp. 67-69, 1957; *The clonal selection theory of acquired immunity,* Cambridge University Press, 1959.

ción —y la modificación— de teorías científicas fue claramente vista por Jerne, que en esta conexión se remite a Kierkegaard y a Sócrates en el *Menon.*) Con esta observación concluyo mi análisis de los aspectos biológicos del progreso en la ciencia.

VII

Sin arredrarme ante las teorías cosmológicas de la evolución, debidas a Herbert Spencer, trataré de delinear ahora la significación cosmológica del contraste entre *instrucción desde dentro de la estructura,* y *selección desde fuera, por eliminación de pruebas.*

Con este fin observaré primero la presencia, en la célula, de la estructura genética, la instrucción codificada, y de varias subestructuras químicas,[20] estas últimas, en aleatorio movimiento browniano. El proceso de instrucción por el cual el gene se duplica procede de esta manera. Las diversas estructuras son llevadas (por movimiento browniano) al gene, en forma aleatoria, y las que no embonan no logran adherirse a la estructura del ADN; mientras que las que embonan *sí* se adhieren (con ayuda de las enzimas). Por este proceso de prueba y selección[21]

[20] Las que yo llamo "estructuras" y "subestructuras" son llamadas "integrones" por François Jacob, *The logic of living systems: a history of heredity,* pp. 299-324, Allen Lane, Londres, 1974.

[21] Algo cabe decir aquí acerca de la íntima relación entre "el método de prueba y de eliminación del error" y "selección": toda selección es eliminación de error; y lo que queda —después de la eliminación— como "seleccionado" no son, simplemente, más que aquellos juicios que no han sido eliminados *hasta allí.*

se forma una especie de negativo fotográfico o complemento de la instrucción genética. Después, este complemento se separa de la instrucción original, y por un proceso análogo forma, una vez más, su negativo. Este negativo del negativo se convierte en copia idéntica de la instrucción positiva original.[22]

Este proceso selectivo subyacente en la duplicación es un mecanismo de acción rápida. Es en esencia el mismo mecanismo que actúa en los más de los ejemplos de la síntesis química y también, especialmente, en procesos como la cristalización. Sin embargo, aunque el mecanismo subyacente es selec-

[22] La principal diferencia de un proceso de reproducción fotográfica es que la molécula de ADN no es bidimensional sino lineal: una larga hilera de cuatro tipos de subestructuras ("bases"). Éstas pueden representarse por puntos coloreados de rojo o de verde; *o* de azul o amarillo. Los cuatro colores básicos son negativos por parejas (o complementos) de cada uno. Así el negativo o complemento de una hilera consistiría en una hilera en que el rojo fuese remplazado por el verde, el azul por el amarillo, y viceversa. Aquí, los colores representan las cuatro letras (bases) que constituyen el alfabeto del código genético. Así, el complemento de la hilera original contiene una especie de traducción de la *información original en otro* código, íntimamente cercano, y la negativa de esta negativa contiene a su vez la información original, planteada en términos del código original (el genético).

Esta situación se utiliza en la duplicación, cuando, primero, un par de hileras complementarias se separa y, después, cuando se forman dos pares, cuando cada una de las hileras escoge selectivamente un nuevo complemento. El resultado es la duplicación de la estructura original, *a manera de instrucción*. Se utiliza un método muy similar en la segunda de las dos principales funciones del gene (ADN): el control, por vía de instrucción, de la síntesis de proteínas. Aunque el mecanismo subyacente de este segundo proceso es más complicado que el de la duplicación, el principio es similar.

tivo y opera por pruebas aleatorias y por la eliminación de errores, funciona como parte de lo que es, claramente, un proceso de instrucción, no de selección. Reconozco que, debido al carácter aleatorio de los movimientos que participan, los procesos correspondientes surgirán cada vez de manera ligeramente distinta. Pese a esto, los resultados son precisos y conservadores; los resultados quedan esencialmente determinados por la estructura original.

Si ahora buscamos procesos similares en la escala cósmica, surgirá un extraño cuadro del mundo, que dará paso a muchos problemas. Es un mundo dualista: un mundo de estructuras en movimiento caóticamente distribuidas. Las estructuras pequeñas (como las llamadas partículas elementales) forman estructuras más grandes; y esto es causado por un movimiento caótico o aleatorio de las estructuras pequeñas, en condiciones especiales de presión y temperatura. Las estructuras mayores pueden ser átomos, moléculas, cristales, galaxias y cúmulos galácticos. Muchas de estas estructuras parecen tener un efecto seminal, como gotas de agua en una nube, o cristales en una solución; es decir, pueden crecer y multiplicarse por instrucción; y pueden persistir o desaparecer por selección. Algunas de ellas, como los aperiódicos cristales del ADN [23] que constituyen la estructura genética de organismos y, con ellos, sus instrucciones de construcción, son infinitamente raras y, podemos decir, tal vez, sumamente preciosas.

[23] El término "cristal aperiódico" (a veces también "sólido aperiódico") es de Schrödinger; véase su *What is life?*, Cambridge University Press, 1944; *cf. What is life?* y *Mind and matter*, Cambridge University Press, pp. 64 y 91, 1967.

Este dualismo me parece fascinador: quiero decir, el extraño cuadro dualista de un mundo físico consistente en estructuras —o, antes bien, en procesos estructurales— comparativamente estables a todos los niveles macro y micro, y en subestructuras a todos los niveles, en movimiento distribuido aparentemente en forma caótica o aleatoria: un movimiento aleatorio que ofrece una parte del mecanismo por el que se sostienen estas estructuras y subestructuras, y por el cual pueden sembrar, por vía de instrucción; y crecer y multiplicarse, por vía de selección e instrucción. Este fascinador cuadro doble es compatible con el conocido cuadro dualista del mundo —sin embargo, totalmente distinto de él— como indeterminista en lo pequeño, debido al indeterminismo mecánico cuántico, y determinista en lo grande, debido al determinismo macrofísico. En realidad, diríase que la existencia de estructuras que se encargan de la instrucción y que introducen algo similar a estabilidad en el mundo, depende notablemente de efectos cuánticos.[24] Esto también parece

[24] Resulta casi trivial decir que las estructuras atómicas y moleculares tengan algo que ver con la teoría cuántica, considerando que las peculiaridades de la mecánica cuántica (como *eigenstates* y *eigenvalues*) fueron introducidas en la física para explicar la estabilidad estructural de los átomos.

La idea de que la "plenitud" estructural de los sistemas biológicos también tiene algo que ver con la teoría cuántica fue estudiada por primera vez, supongo, en el pequeño pero gran libro de Schrödinger, *What is life?* (1944) que, debe decirse, se anticipó a la vez al surgimiento de la biología molecular y a la influencia de Max Delbrück sobre su desarrollo. En este libro Schrödinger adopta una actitud conscientemente ambivalente hacia el problema de si la biología resultará o no reductible a física. En el

cierto para estructuras a los niveles atómicos molecular, de cristales, orgánico y aun estelar (pues la estabilidad de las estrellas depende de reacciones nucleares) mientras que para movimientos aleatorios que apoyen esto podemos apelar al clásico movimiento browniano y a la hipótesis clásica del caos molecular. Así, en este cuadro dualista de orden apoyado por el desorden, o de la estructura apoyada por la aleatoriedad, la función desempeñada por los efectos cuánticos y por los efectos clásicos parece ser casi la opuesta de la que podía verse en cuadros más tradicionales.

capítulo 7, "¿Está la vida basada en las leyes de la física?" dice (acerca de la materia viva), primero, que "debemos estar listos para encontrarla trabajando de una manera que no pueda reducirse a las leyes ordinarias de la física (*What is life?* y *Mind and matter*, p. 81). Pero poco después dice que "el nuevo principio" (es decir, "orden a partir del orden") "no es ajeno a la física": "no es más que el principio de la física cuántica, una vez más" (en forma del principio de Nernst) (*What is life?* y *Mind and matter*, p. 88). Mi actitud también es ambivalente; por una parte no creo en una reductibilidad completa; por la otra, pienso que *se debe intentar la reducción*, pues aun cuando sea probable que el éxito no pase de parcial, hasta un éxito muy parcial sería un gran éxito.

Así, mis observaciones en el texto al que se encuentra añadida esta nota (y que he dejado básicamente intacto) no pretendieron ser una afirmación del reduccionismo: todo lo que quise decir fue que la teoría cuántica parece participar en el fenómeno de "estructura a partir de la estructura" o bien "orden a partir del orden".

Sin embargo, mis observaciones no fueron bastante claras, pues en la discusión, después de la conferencia, el profesor Hanz Motz desafió lo que creyó que era mi reduccionismo refiriéndose a uno de los escritos de Eugene Wigner ("The probability of the existence of a self-reproducing unit", cap. 15 de su *Symmetries and reflections*:

VIII

Hasta aquí, he considerado el progreso en la ciencia básicamente desde un punto de vista biológico; sin embargo, me parece que los dos puntos lógicos siguientes son de importancia decisiva.

Primero, para que una nueva teoría constituya un descubrimiento o un paso adelante, debe entrar en conflicto con sus predecesoras, es decir, debe conducir al menos a algunos resultados conflictivos. Pero esto, desde un punto de vista lógico, significa que debe contradecir[25] a su predecesora: debe derrocarla.

scientific essays, pp. 200-208, MIT Press, 1970). En este escrito, Wigner hace una especie de prueba de la tesis de que la probabilidad es cero de que un sistema teórico cuántico contenga un subsistema que se reproduzca a sí mismo (o, más precisamente, la probabilidad es cero de que un sistema cambie de tal manera que en un momento contenga algún subsistema y después un segundo subsistema que sea una copia del primero). Me he sentido intrigado por este argumento de Wigner desde que fue publicado en 1961, y en mi réplica a Motz indiqué que la prueba de Wigner me parecía refutada por la existencia de máquinas xerox (o por el crecimiento de los cristales) que debe considerarse como mecánica cuántica, antes que como sistemas "biotónicos". (Puede afirmarse que una copia xerox o un cristal no se reproduce con precisión suficiente; sin embargo, lo más desconcertante del escrito de Wigner es que no se refiere a grados de precisión, y que la absoluta exactitud o la "confiabilidad virtualmente absoluta, en apariencia", como dice en la p. 208 —que no es requerida— parece excluida de una vez por el principio de Pauli.) No creo yo que ni la reductibilidad de la biología a la física ni su reductibilidad puedan probarse; al menos, no en la actualidad.

[25] Así, la teoría de Einstein *contradice* a la teoría de Newton (aunque contenga la teoría de Newton como aproximación): en contradistinción con la teoría de Newton,

En ese sentido, el progreso en la ciencia —o al menos, el gran progreso— siempre es revolucionario.

Mi segundo punto es que el progreso en la ciencia, aunque revolucionario y no sólo acumulativo,[26] en cierto sentido es siempre conservador: una nueva teoría, por revolucionaria que sea, siempre debe ser capaz de explicar plenamente el triunfo de su predecesora. En todos los casos en que la predecesora triunfó debe producir resultados al menos tan buenos como los de aquélla y, de ser posible, mejores. Así, en estos casos la teoría predecesora debe parecer una buena aproximación a la nueva teoría; aunque debe haber, de preferencia, otros casos en que la nueva teoría rinda resultados diferentes y mejores que la antigua teoría.[27]

la teoría de Einstein muestra, por ejemplo que, en campos gravitacionales fuertes no puede haber una órbita elíptica kepleriana con apreciable excentricidad pero sin la correspondiente precesión del perihelio (como se observó en Mercurio).

[26] Hasta coleccionar mariposas es algo impregnado por una *teoría* ("mariposa" es un término *teórico*, como lo es "agua": incluye un conjunto de expectativas). La reciente acumulación de pruebas concernientes a las partículas elementales puede interpretarse como una acumulación de falsaciones de la antigua teoría electromagnética de la materia.

[27] Puede hacerse una demanda aún más radical, pues podemos exigir que si las leyes aparentes de la naturaleza cambiaran, entonces la nueva teoría, inventada para explicar las nuevas leyes, podría explicar el estado de cosas antes y después del cambio, y también el cambio mismo, a partir de leyes y condiciones iniciales (cambiantes) (*cf.* mí [40] sección 79, esp. p. 253).

Al plantear estas normas lógicas para el progreso, estoy rechazando implícitamente la sugestión de moda (antirracionalista) de que dos teorías distintas, como la de New-

El punto importante en las dos normas lógicas que he planteado es que nos permiten decidir de cualquier nueva teoría, desde antes de someterla a prueba, que será mejor que la anterior si pasa las pruebas. Pero esto significa que, en el terreno de la ciencia, contamos con algo que podría llamarse una norma para juzgar la calidad de una teoría en comparación con su predecesora y, por tanto, una norma de progreso. Significa, así, que el progreso en ciencia puede evaluarse racionalmente.[28] Esta posibilidad ex-

ton y la de Einstein, son inconmensurables. Puede ser verdad que dos científicos con una actitud verificacionista hacia sus teorías predilectas (por ejemplo, la física newtoniana y la einsteiniana) no lleguen a entenderse entre sí; pero si su actitud es crítica (como lo fue la de Newton y la de Einstein), comprenderán ambas teorías y verán cómo se relacionan. Para este problema, véase el excelente análisis de la comparabilidad de las teorías de Newton y de Einstein de Troels Eggers Hansen en su escrito, "Confrontación y objetividad", *Danish Yb. Phil.* 7, pp. 13-72, 1972.

[28] Las exigencias lógicas analizadas aquí (*cf.* cap. 10 de mi [44] y cap. 5 de [45]), aunque me parecen de importancia fundamental, desde luego no agotan lo que se puede decir del método racional de la ciencia. Por ejemplo en mi *Postdata* (que ha estado en galeras desde 1957, pero que espero que aún se publicará algún día) he desarrollado una teoría de lo que llamo programas de investigación metafísica. Debe mencionarse que esta teoría de ninguna manera choca con la teoría de la prueba y del avance revolucionario de la ciencia, que he esbozado aquí. Un ejemplo que he dado allí de un programa de investigación metafísica es el uso de la teoría de la propensión de la probabilidad, que parece tener una vasta gama de aplicaciones.

Lo que digo en el texto no debe interpretarse en el sentido de que la racionalidad depende de tener una norma de racionalidad. Compárese mi crítica de las filosofías de

plica por qué en la ciencia sólo se consideran interesantes las teorías progresistas; y explica así por qué, en cuestión histórica, la historia de la ciencia es en términos generales una historia del progreso. (La ciencia parece ser el único campo del esfuerzo humano del que puede decirse esto.)

Como ya lo he dicho antes, el progreso científico es revolucionario. En realidad su lema podría ser de Karl Marx: "La revolución permanente." Las revoluciones científicas son sin embargo, racionales en el sentido de que, en principio, se puede decidir racionalmente si una nueva teoría es mejor o no que su predecesora. Desde luego, esto no significa que no podamos equivocarnos. Podemos cometer errores de muchas maneras.

Un ejemplo de un error sumamente interesante nos lo ofrece Dirac.[29] Schrödinger descubrió, pero no publicó, una ecuación relativista del electrón, después llamada la ecuación Klein-Gordon, antes de descubrir y publicar la célebre ecuación no relativista que hoy lleva su nombre. No publicó la ecuación relativista porque no le parecía que encajara con los resultados experimentales interpretados por la teoría precedente. Sin embargo, la discrepancia se debió a una interpretación errónea de resultados empíricos, no a una falla de la ecuación relativista. Si Schrödinger la hubiese publicado, no habría surgido el problema de la equivalencia entre su mecánica ondulatoria y la mecánica de las matrices, de

la norma en el Addendum I, Hechos, normas y verdad, al vol. II de *mi* [42].

[29] Esto se encuentra narrado por Paul A. M. Dirac, "The evolution of the physicist's picture of nature", *Scient. Am.* 208, núm. 5, pp. 45-53, 1963; véase esp. p. 47.

Heisenberg y Born; y la historia de la física moderna habría sido muy distinta.

Ya debe ser obvio que la objetividad y la racionalidad del progreso en la ciencia no se dan por la objetividad y la racionalidad personales de los hombres de ciencia.[30] La gran ciencia y los grandes científicos, como los grandes poetas, a menudo son inspirados por intuiciones no racionales. Y también los grandes matemáticos. Como lo han señalado Poincaré y Hadamard,[31] una prueba matemática puede ser descubierta por pruebas inconscientes, guiadas por una inspiración de carácter decididamente estético, y no por un pensamiento racional. Esto es verdadero e importante. Pero, obviamente, no hace que el resultado, la prueba matemática, sea irracional. Sea como fuere, una prueba propuesta debe soportar una discusión crítica: Su examen, por matemáticos en competencia. Y esto bien puede inducir al inventor matemático a comprobar de manera racional los resultados a los que llegó inconsciente o intuitivamente. De modo similar, los bellos sueños pitagóricos que Kepler tuvo sobre la armonía del sistema universal no invalidan la objetividad, la *testabilidad*, la racionalidad de sus tres leyes; ni la racionalidad del problema que estas leyes plantaron a una teoría explicativa.

Con esto, concluyo mis dos observaciones lógicas sobre el progreso de la ciencia; pasaré ahora a la segunda parte de mi conferencia, y con ella a ciertas

[30] *Cf.* de mi crítica de la llamada "sociología del conocimiento" en el cap. 23 de mi [42], y pp. 155 *ss.* de mi [43].

[31] *Cf.* Jacques Hadamard, *The psychology of invention in the mathematical field* (véase nota 13, *supra*).

observaciones que pueden describirse como parcialmente sociológicas, y que tratan de los *obstáculos* puestos al progreso en la ciencia.

IX

Creo yo que los principales obstáculos al progreso en la ciencia son de naturaleza social, y que se pueden dividir en dos grupos: obstáculos económicos y obstáculos ideológicos. Del lado económico, la pobreza puede ser, trivialmente, un obstáculo (aunque se han logrado grandes descubrimientos teóricos y experimentales a pesar de la pobreza). Sin embargo, en años recientes se ha vuelto bastante claro que también la riqueza puede ser un obstáculo: demasiados dólares pueden ahuyentar demasiado pocas ideas. Reconocidamente, aun en tan adversas circunstancias *puede* lograrse algún progreso. Pero el espíritu de la ciencia está en peligro. La Ciencia Grande puede destruir la gran ciencia, y la explosión de las publicaciones puede matar las ideas: las ideas, demasiado escasas, pueden quedar sumergidas en la corriente. Este peligro es muy real, y casi no es necesario explayarse al respecto, pero tal vez deba yo citar a Eugene Wigner, uno de los primeros héroes de la mecánica cuántica, que tristemente observó:[32] "El espíritu de la ciencia ha cambiado."

Éste es en realidad un capítulo triste. Pero como es demasiado obvio, no diré más acerca de los obstáculos económicos al progreso en la ciencia; en cam-

[32] "A conversation with Eugene Wigner", *Science* 181, pp. 527-533, 1973; véase p. 533.

bio, me dedicaré a discutir algunos de los obstáculos ideológicos.

X

En general el más reconocido de los obstáculos ideológicos es la intolerancia ideológica o religiosa, habitualmente combinada con dogmatismo y falta de imaginación. Los ejemplos históricos son tan conocidos que no necesito explayarme al respecto; sin embargo, cabe notar que aun la supresión puede conducir al progreso. El martirio de Giordano Bruno y el juicio de Galileo tal vez hicieron más, a la postre, por el progreso de la ciencia, de lo que la Inquisición pudo hacer contra él.

El extraño caso de Aristarco y la teoría heliocéntrica original tal vez plantea un problema distinto. Por causa de su teoría heliocéntrica, Aristarco fue acusado de impiedad por el estoico Cleantes. Pero esto no explica la supresión de la teoría; tampoco puede decirse que la teoría fuese demasiado audaz. Sabemos que la teoría de Aristarco fue apoyada, un siglo después de su formulación, al menos por un respetado astrónomo (Seleuco).[33] Sin embargo, por alguna razón oscura, sólo han sobrevivido unos pocos informes de la teoría. He aquí un ejemplo patente de los casos, demasiado frecuentes, en que no se han mantenido vivas las ideas alternas.

Cualesquiera que sean los detalles de la explicación, esta falla probablemente se debió a dogmatismo e intolerancia. Pero las nuevas ideas deben conside-

[33] Para Aristarco y Seleuco véase Sir Thomas Heath, *Aristarchus of Samos*, Clarendon Press, Oxford, 1966.

rarse inapreciables y ser cuidadosamente alimentadas, en especial si parecen un poco excesivas. No estoy sugiriendo que debamos estar ávidos por aceptar nuevas ideas *sólo* por su novedad misma, pero sí debemos tener cuidado de no suprimir una idea nueva aunque no nos parezca muy buena.

Existen muchos ejemplos de ideas desdeñadas, como la idea de la evolución antes de Darwin, o la teoría de Mendel. Mucho debe aprenderse de los obstáculos puestos al progreso en la historia de estas ideas desdeñadas. Un caso interesante es el del físico vienés Arthur Haas, quien en 1910 se anticipó parcialmente a Niels Bohr. Haas publicó una teoría del espectro de hidrógeno basada en una cuantización del modelo atómico de J. J. Thomson; aún no existía el modelo de Rutherford. Al parecer Haas fue el primero en introducir el *quantum* de acción de Planck en la teoría atómica, con la intención de derivar las constantes espectrales. Pese a que empleó el modelo atómico de Thomson, Haas casi logró su derivación; y como lo ha explicado en detalle Max Jammer, parece muy posible que la teoría de Haas (que fue tomada muy en serio por Sommerfeld) influyera indirectamente sobre Niels Bohr.[34] Sin embargo, en Viena la teoría fue rechazada inmediatamente; fue ridiculizada como broma estúpida por Ernst Lecher (cuyos tempranos experimentos habían impresionado a Heinrich Hertz),[35] uno de los profe-

[34] Véase Max Jammer, *The conceptual development of quantum mechanics,* pp. 40-42, McGraw-Hill, Nueva York, 1966.

[35] Véase Heinrich Hertz, *Electric waves,* Macmillan and Co., Londres, 1894; Dover ed., Nueva York, 1962, pp. 12, 187 *ss.*, 273.

sores de física de la Universidad de Viena, a cuyas conferencias, un tanto pedestres y no muy inspiradoras, yo asistí ocho o nueve años después.

Un caso mucho más sorprendente, también descrito por Jammer,[36] fue el rechazo, en 1913, de la teoría del fotón de Einstein, publicada por primera vez en 1905, por la cual recibiría el Premio Nobel en 1921.

Este rechazo de la teoría del fotón era un pasaje dentro de una petición en que se recomendaba a Einstein para ser miembro de la Academia Prusiana de Ciencias. El documento, firmado por Max Planck, Walther Nernst y otros dos célebres físicos, era sumamente elogioso, y los signatarios pedían que no se tuviese en cuenta, contra Einstein, cierto desliz (como obviamente creían que lo era su teoría del fotón). Esta confiada manera de rechazar una teoría, que, el mismo año, pasó una severa prueba experimental emprendida por Millikan, tiene, sin duda su lado humorístico, y sin embargo debe ser considerada como un incidente glorioso en la historia de la ciencia, que muestra que hasta un rechazo un tanto dogmático de los más grandes expertos de la época puede ir de la mano con una apreciación sumamente liberal: estos hombres ni siquiera soñaron en suprimir lo que creían que era un error. En realidad, la redacción de la disculpa por el desliz de Einstein resulta muy interesante y reveladora. El pasaje pertinente de la petición dice de Einstein:

[36] Véase Jammer, *op. cit.*, pp. 43 *s.* y Théo Kahan, "Un document historique de l'académie des sciences de Berlin sur l'activité scientifique d'Albert Einstein (1913)", *Archs. int. Hist. Sci.* 15, pp. 337-342, 1962; véase esp. p. 340.

"El que a veces tal vez fuera demasiado lejos en sus especulaciones, como por ejemplo en su hipótesis de los *quanta* de luz (es decir, fotones), no debe pesar demasiado contra él, pues nadie puede introducir, ni aun en la más exacta de las ciencias naturales, ideas que sean realmente nuevas sin correr a veces un riesgo."[37] Esto está bien dicho, pero resulta un eufemismo. Siempre hay que correr el riesgo de ser mal interpretado, y también el riesgo menos importante de ser mal comprendido o mal juzgado.

Sin embargo, este ejemplo pone de relieve que aun los grandes científicos a veces no alcanzan esa actitud autocrítica que los salvaría de sentirse muy seguros de sí mismos mientras erraban gravemente al juzgar las cosas.

Sin embargo, una dosis limitada de dogmatismo sí es necesaria para el progreso: sin una seria lucha por la supervivencia en que las *antiguas teorías* se defienden tenazmente, ninguna de las teorías en competencia podrá mostrar su temple; es decir, su poder explicativo y su contenido de verdad. Empero, el dogmatismo intolerante es uno de los principales obstáculos para la ciencia. En realidad, no sólo debemos mantener vivas las teorías opuestas discutiéndolas sino que debemos buscar sistemáticamente otras nuevas, y debemos preocuparnos cuando éstas no se presentan: cada vez que una teoría predominante se vuelve demasiado exclusiva. El peligro para el progreso en la ciencia aumenta sobremanera si la teoría en cuestión logra establecer algo parecido a un *monopolio*.

[37] Compárese la traducción ligeramente distinta de Jammer, *loc. cit.*

XI

Pero existe un peligro aún mayor: una teoría, hasta una teoría científica, puede convertirse en una moda intelectual, un sustituto de la religión, una ideología atrincherada. Y con esto llego al punto principal de esta segunda parte de mi conferencia: la parte que trata de los obstáculos al progreso en la ciencia; a la distinción entre revoluciones científicas y revoluciones ideológicas.

Pues, además del problema siempre importante del dogmatismo y del problema, íntimamente relacionado con el anterior, de la intolerancia ideológica, existe un problema distinto y, a mi parecer, más interesante. Me refiero al problema que surge de ciertos vínculos entre ciencia e ideología, vínculos que existen pero que han conducido a algunas personas a combinar ciencia con ideología, y a confundir la distinción entre revoluciones científicas y revoluciones ideológicas.

Creo que éste es un problema realmente grave en una época en que los intelectuales, incluso los hombres de ciencia, tienden a aceptar ideologías y modas intelectuales. Esto bien puede deberse a la decadencia de la religión, a las necesidades religiosas no satisfechas e inconscientes de nuestra sociedad sin padre.[38] Durante mi vida he presenciado, aparte de los

[38] Por su estructura, nuestras sociedades occidentales no satisfacen la necesidad de una figura paterna. He estudiado los problemas que surgieron de este hecho, brevemente en mis Conferencias William James en Harvard (1950) (inéditas).

Mi difunto amigo, el psicoanalista Paul Federn, me mostró poco después un temprano escrito suyo, dedicado a este problema.

diversos movimientos totalitarios, un número considerable de movimientos con grandes pretensiones intelectuales, y declaradamente no religiosos, con aspectos cuyo carácter religioso es inconfundible una vez que nos fijamos en él.[39] El mejor de estos movimientos fue aquel inspirado por la figura paterna de Einstein. El mejor, por causa de la actitud siempre modesta y autocrítica de Einstein, así como por su humanidad y tolerancia. Sin embargo, más adelante tendré unas palabras que decir acerca de los que me parecieron los aspectos menos satisfactorios de la revolución ideológica einsteiniana.

No soy esencialista, y no analizaré la esencia ni la naturaleza de las "ideologías". Tan sólo diré, vagamente, que aplicaré el término "ideología" a cualquier teoría o credo o cosmovisión *no científica* que demuestre ser atractiva y que interese a la gente, inclusive los hombres de ciencia. (Así, puede haber ideologías muy útiles y también muy destructivas, digamos, desde un punto de vista humanitario o racionalista.)[40] No necesito decir más acerca de las

[39] Ejemplos obvios son las funciones de profeta desempeñadas, en varios movimientos, por Sigmund Freud, Arnold Schönberg, Karl Kraus, Ludwig Wittgenstein y Herbert Marcuse.

[40] Hay muchos tipos de "ideologías" en el sentido general y (deliberadamente) vago del término que yo he empleado en el texto y, por tanto, muchos aspectos de la distinción entre ciencia e ideología. Cabe mencionar dos aquí. Uno es que a las *teorías científicas se les puede* distinguir o "demarcar" (véase nota 41), en contradistinción con las teorías no científicas que, sin embargo, pueden influir poderosamente sobre los hombres de ciencia y aun inspirar su trabajo. (Esta influencia, desde luego, puede ser buena o mala o mixta.) Un aspecto muy distinto es el atrincheramiento: una teoría científica puede funcionar

ideologías para justificar la clara distinción que voy a trazar entre la ciencia[41] y la "ideología" y, además, entre *revoluciones científicas* y *revoluciones ideológicas*. Pero elucidaré esta distinción con ayuda de un buen número de ejemplos.

Espero que estos ejemplos mostrarán que es importante distinguir entre una revolución científica en el sentido de un derrocamiento racional de una

como ideología si llega a atrincherarse socialmente. Por ello, al hablar de la distinción entre revoluciones científicas y revoluciones ideológicas, he incluido entre las revoluciones ideológicas los cambios en las ideas no científicas que pueden inspirar la labor de científicos, y también los cambios en el atrincheramiento social de lo que de otra manera puede ser una teoría científica. (Debo la formulación de los puntos de esta nota a Jeremy Shearmur quien también aportó otros puntos de que se trata en esta conferencia.)

[41] Para no repetirme demasiado a menudo, no mencioné en esta conferencia mi sugestión de una norma del carácter empírico de una teoría (falsabilidad o refutabilidad como la norma de demarcación entre teorías empíricas). Como [en inglés] "ciencia" significa "ciencia empírica", y como la cuestión no ha sido suficientemente analizada en mi libro, he escrito cosas como la siguiente (por ejemplo, [44, p. 39]): "...para ser admitidos como científicos [los postulados] deben ser capaces de entrar en conflictos con observaciones posibles o concebibles". Algunas personas saltaron sobre esto como un tiro (desde 1932, creo yo). "¿Qué me dice de su propio evangelio?", es la pregunta típica. (Volví a encontrar esta objeción en un libro publicado en 1973.) Sin embargo, mi respuesta a la objeción fue publicada en 1934 (véase [40], cap. 2, sección 10 y otras partes). Pude replantear mi respuesta: mi evangelio no es "científico", es decir, no pertenece a la ciencia empírica sino que es, antes bien, una *proposición* (normativa). Incidentalmente, mi evangelio (y también mi respuesta), es criticable, aunque no justamente por observación, y ha sido criticado.

teoría científica establecida, por otra nueva, y todos los procesos del "atrincheramiento social" o tal vez "aceptación social" de ideologías, incluyendo hasta las ideologías que incorporaron algunos resultados científicos.

XII

Como primer ejemplo he escogido las revoluciones copernicana y darwiniana, porque en estos dos casos, una revolución científica hizo surgir una revolución ideológica. Aun si olvidamos aquí la ideología del "darwinismo social",[42] podemos distinguir un componente científico y uno ideológico en ambas revoluciones.

Las revoluciones copernicana y darwiniana fueron *ideológicas* hasta el punto en que ambas cambiaron la visión del hombre sobre su lugar en el universo. Claramente fueron *científicas* hasta el punto en que cada una de ellas derrocó una teoría científica dominante: una teoría astronómica dominante y una teoría biológica dominante.

Tal parece que la repercusión ideológica de la teoría copernicana y también de la darwiniana fue tan grande porque cada una de ellas chocó con un dogma religioso. Esto fue de enorme importancia para la historia intelectual de nuestra civilización, y tuvo repercusiones sobre la historia de la ciencia (condujo por ejemplo, a una tensión entre religión y ciencia). Y sin embargo, el hecho histórico y sociológico de que las teorías de Copérnico y Darwin chocaran con la religión debe ser completamente

[42] Para una crítica del darwinismo social, véase mi [42], cap. 10, nota 71.

ajeno a toda evaluación racional de las teorías científicas propuestas por ellos. Lógicamente, no tiene nada que ver con la revolución *científica* iniciada por cada una de las dos teorías.

Por ello, importa distinguir entre revoluciones científicas y revoluciones ideológicas, particularmente en los casos en que las revoluciones ideológicas interactúan con las revoluciones en la ciencia.

El ejemplo, especialmente, de la revolución ideológica copernicana, puede mostrar que hasta una revolución ideológica bien puede ser descrita como "*racional*". *Sin embargo, aunque tenemos una norma* lógica del progreso en la ciencia —y, por tanto, de la racionalidad— no parecemos tener nada similar a normas generales de progreso o de racionalidad fuera de la ciencia (aunque no debe interpretarse esto en el sentido de que fuera de la ciencia no existe nada que pueda llamarse normas de racionalidad). Hasta una ideología de alto grado intelectual que se base en resultados científicos aceptados puede ser irracional, como lo muestran los muchos movimientos del modernismo en el arte (y en la ciencia), y también de arcaísmo en el arte, movimientos que, a mi parecer, son intelectualmente insípidos, pues apelan a valores que no tienen nada que ver con el arte (o con la ciencia). En realidad, muchos movimientos de esta índole no son más que modas que no se deben tomar demasiado en serio.[43]

[43] Abundando en el empleo del vago término "ideología" (que incluye todo tipo de teorías, creencias y actitudes, incluyendo algunas que pueden influir sobre los científicos) debe quedar en claro que pretendo cubrir con este término no sólo las modas historicistas como el "modernismo" sino también ideas metafísicas y éticas serias y racional-

Procediendo con mi tarea de elucidar la distinción entre revoluciones científicas e ideológicas, presentaré ahora varios ejemplos de grandes revoluciones científicas que no condujeron a ninguna revolución ideológica.

La revolución de Faraday y de Maxwell fue, desde un punto de vista científico, tan grande como la de Copérnico, y tal vez mayor, destronó el dogma central de Newton: el dogma de las fuerzas centrales. Y sin embargo *no* condujo a una revolución ideológica, aunque sí inspiró a toda una generación de físicos.

El descubrimiento (y la teoría) de J. J. Thomson acerca del electrón también constituyó una revolución importante. Destronar la antiquísima teoría de la indivisibilidad del átomo constituyó una revolución científica fácilmente comparable a la realización de Copérnico; cuando Thomson la anunció, los físicos pensaron que estaba haciéndoles una broma. Pero no creó una revolución ideológica. Y sin embargo derrocó las dos teorías rivales que durante 2 400 años habían estado luchando por el predominio en la teoría de la materia: la teoría de los átomos indivisibles y de la continuidad de la ma-

mente discutibles. Tal vez deba referirme a Jim Erikson, ex estudiante mío en Christchurch, Nueva Zelanda, quien una vez dijo en una discusión: "No sugerimos que la ciencia inventó la probidad intelectual; sugerimos que la probidad intelectual inventó la ciencia." Una idea muy similar se encuentra en el cap. IX ("El reino y las tinieblas") del libro de Jacques Monod, *Chance and necessity*, Knopf, Nueva York, 1971. Véase también *mi* [42], vol. II, cap. 24 ("La revuelta contra la razón"). Desde luego, podríamos decir que una ideología que ha aprendido de este enfoque crítico de las ciencias probablemente será más racional que otra que choque con la ciencia.

teria. Para evaluar la importancia revolucionaria de este avance, baste recordar al lector que introdujo la estructura así como la electricidad en el átomo y, así, en la constitución de la materia. También la mecánica cuántica de 1925-1926, de Heisenberg y de Born, de De Broglie, de Schrödinger y de Dirac fue esencialmente una teoría del electrón de Thomson. La revolución científica de Thomson condujo a la revolución científica en la tecnología, y a la mecánica cuántica; más especialmente condujo a la fase de estado sólido de esta revolución tecnológica. Pero ninguna de estas grandes revoluciones científicas y tecnológicas estimuló (como lo hizo la revolución copernicana, o la darwiniana) una nueva ideología semipopular.

Otro ejemplo asombroso fue la abolición, hecho por Rutherford en 1911, del modelo del átomo propuesto por J. J. Thomson en 1903. Rutherford había aceptado la teoría de Thomson según la cual la carga positiva debe distribuirse por todo el espacio ocupado por el átomo. Esto puede verse en su reacción al célebre experimento de Geiger y Marsden. Éstos encontraron que cuando lanzaban partículas *alfa* contra una delgada placa de chapa de oro, unas pocas de las partículas *alfa* —cerca de una en veinte mil— eran devueltas por la chapa, en lugar de ser simplemente desviadas. Rutherford se mostró incrédulo. Como después diría:[44] "Fue el hecho más increíble que me ha ocurrido en mi vida. Fue casi tan increíble como si disparásemos un proyectil de quin-

[44] Lord Rutherford, "The development of the theory of atomic structure", en J. Needham y W. Pagel (comps.), *Background of modern science*, pp. 61-74, Cambridge University Press, 1938; la cita es de la p. 68.

ce pulgadas contra una pieza de tejido de papel, y regresara contra uno." Esta observación de Rutherford muestra el carácter absolutamente revolucionario del descubrimiento. Rutherford comprendió que el experimento refutaba el modelo del átomo de Thomson, y lo remplazó por el modelo nuclear del átomo. Éste fue el principio de la ciencia nuclear. El modelo de Rutherford llegó a ser sumamente conocido, aun entre los legos. Pero no desencadenó una revolución ideológica.

Una de las revoluciones científicas fundamentales de la historia de la teoría de la materia nunca ha sido reconocida como tal. Me refiero a la refutación de la teoría electromagnética de la materia, que ha alcanzado el predominio tras el descubrimiento del electrón por Thomson. La mecánica cuántica surgió como parte de esta teoría, y fue lo "completo" de esta teoría lo que fue defendido por Bohr contra Einstein en 1935, y otra vez en 1949. Y sin embargo, en 1934 Yukawa había esbozado un nuevo enfoque teórico-cuántico de las fuerzas nucleares, que dio por resultado la abolición de la teoría electromagnética de la materia, tras cuarenta años de predominio indiscutido.[45]

[45] Véase mi "Mecánica cuántica sin 'el observador'", en *Quantum theory and reality* (ed. Mario Bunge), esp. pp. 8-9, Springer-Verlag, Nueva York, 1967. (Formará un capítulo de mi volumen, de próxima aparición, *Philosophy and physics.*)

La idea fundamental (que la masa inercial del electrón es explicable en parte como la inercia del móvil campo electromagnético) que condujo a la teoría electromagnética de la materia se debe a J. J. Thomson. Sobre los efectos eléctricos y magnéticos producidos por el movimiento de los cuerpos electrificados, *Phil. Mag.* (5ª Ser.) 11, pp. 229-

Hay muchas otras revoluciones científicas que no desencadenaron ninguna revolución ideológica; por ejemplo, la revolución de Mendel (que después salvaría de extinción al darwinismo). Otras son los rayos X, la radiactividad, el descubrimiento de los isótopos y el descubrimiento de la superconduc-

249, 1881, y a O. Heaviside; sobre el efecto electromagnético debido al movimiento de la electrificación a través de un dieléctrico, *Phil. Mag.* (5ª Ser.) 27, pp. 324-339, 1889. Fue desarrollada por W. Kaufmann ("Die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit der Bequerelstrahlen und die scheinbare Masse der Elektronen", *Gött. Nachr.*, pp. 143-155, 1901; "Ueber die elektromagnetische Masse des Elektrons", pp. 291-296, 1902; "Ueber die 'Elektromagnetische Masse' der Elektronen", pp. 90-103, 1903 y M. Abraham ("Dynamik des Elektrons", *Gött. Nachr.*, pp. 20-41, 1902; "Prinzipien der Dynamik des Elektrons, *Annln Phys.* (4ª Ser.) 10, pp. 105-179, 1903 en la tesis de que la masa del electrón es un efecto puramente electromagnético. (Véase W. Kaufmann, "Die elektromagnetische Masse des Elektrons", *Phys. Z*, 4, pp. 54-57 [102-103], y M. Abraham, "Prinzipien der Dynamik des Elektrons", *Phys. Z*, 4, pp. 57-63 [1902-1903], y M. Abraham, *Theorie der Elektrizität*, vol II, pp. 136-249, Leipzig, 1905.) La idea recibió el poderoso apoyo de H. A. Lorentz, "Elektromagnetische verschijnselen in een stelsel dat zich met willekeurige snelheid, kleiner dan die van het licht, beweegt", *Versl. gewone Vergad. wis— en natuurk, Afd. K. Akad. Wet-Amst*, 12, segunda parte, pp. 986-1009, 1903-1904, y por la relatividad especial de Einstein, conducente a resultados que se desviaban de los de Kaufmann y Abraham. La teoría electromagnética de la materia tuvo una gran influencia ideológica sobre los hombres de ciencia por causa de la fascinadora posibilidad de *explicar la materia*. Se tambaleó y fue modificada por el descubrimiento del núcleo (y del protón) por Rutherford y por el descubrimiento del neutrón por Chadwick, lo que puede ayudar a explicar por qué casi pasó inadvertido su derrocamiento final por la teoría de las fuerzas nucleares.

tividad. Ninguna de éstas tuvo una correspondiente revolución ideológica. Y tampoco veo, hasta ahora, una revolución ideológica resultante del gran avance de Crick y Watson.

XIII

De gran interés es el caso de la llamada revolución einsteiniana; me refiero a la revolución científica de Einstein que entre los intelectuales tuvo una influencia ideológica comparable a la de las revoluciones copernicana o darwiniana.

De los muchos descubrimientos revolucionarios logrados por Einstein en la física, hay dos que nos interesan aquí.

El primero es la relatividad especial, que derrocó la cinemática newtoniana, remplazando la invariancia de Galileo por la invariancia de Lorentz.[46] Desde

[46] La potencia revolucionaria de la relatividad especial se encuentra en un nuevo punto de vista que permite la derivación e interpretación de las transformaciones de Lorentz a partir de dos simples primeros principios. La mejor manera de apreciar la grandeza de esta revolución es leer el libro de Abraham (vol. II, al que nos referimos en la nota 45, *supra*). Este libro, ligeramente anterior a los escritos de Poincaré y de Einstein sobre la relatividad, contiene un análisis completo de la situación del problema: de la teoría de Lorentz sobre el experimento de Michelson y aun del tiempo local de Lorentz. Abraham, por ejemplo en las pp. 143 *s.* y 370 *s.*, se acerca mucho a las ideas einsteinianas. Hasta parece como si Max Abraham estuviese mejor informado de la situación del problema que el propio Einstein. Sin embargo, no hay una percatación de *las potencialidades revolucionarias de la situación del* problema; todo lo contrario, pues Abraham escribe en su Prólogo, fechado en marzo de 1905: "La teoría de la elec-

luego, esta revolución satisface nuestras normas de racionalidad: las antiguas teorías quedan explicadas como aproximadamente válidas para velocidades que son bajas comparadas con la velocidad de la luz.

Por cuanto a la revolución ideológica vinculada a esta revolución científica, uno de cuyos elementos se debe a Minkowski, bien podemos plantear este elemento con palabras del propio Minkowski: "Las visiones del espacio y el tiempo que deseo poner ante vosotros... son radicales. En adelante, el espacio por sí mismo y el tiempo por sí mismo están condenados a desvanecerse hasta ser simples sombras, y sólo una especie de unión de los dos conservará una realidad independiente."[47] Ésta es una afirmación intelectualmente estremecedora, pero es claro que no es ciencia: es ideología. Llegó a formar parte de la ideología de la revolución einsteiniana. Pero el propio Einstein nunca se sintió completamente satisfecho con ella. Dos años antes de su muerte escribió a Cornelius Lanczos: "¡Sabemos tanto y comprendemos tan poco! La cuatridimensional con la [firma de Minkowski]... pertenece a esta última categoría."

El elemento más sospechoso de la revolución ideo-

tricidad parece haber entrado hoy en un estado de desarrollo más apacible." Esto muestra cuán difícil es, aun para un gran científico como Abraham, prever el desarrollo futuro de su ciencia.

[47] Véase H. Minkowski, "Space and time", en A. Einstein, H. A. Lorentz, H. Weyl, y H. Minkowski, *The principle of relativity*, Methuen, Londres, 1923, y Dover ed., Nueva York, p. 75. Para la cita de la carta de Einstein a Cornelius Lanczos, más avanzada en el mismo párrafo de mi texto, véase C. Lanczos, "Rationalism and the physical world", en R. S. Cohen y M. Wartofsky (comps.), *Boston studies in the philosophy of science*, vol. 3, pp. 181-198, 1967; véase p. 198.

lógica einsteiniana es la moda del operacionalismo o positivismo, moda que Einstein después rechazó, aunque él mismo fue responsable de ella, debido a lo que había escrito acerca de la definición operacional de la simultaneidad. Aunque, como después Einstein lo comprendió,[48] el operacionalismo es lógicamente una doctrina insostenible, desde entonces ha sido muy influyente en la física y en especial en la psicología conductista.

Con respecto a las transformaciones de Lorentz, no parece haber formado parte de la ideología el que limiten la validez de la transitividad de la simultaneidad; el principio de transitividad sigue siendo válido dentro de cada sistema inercial, aunque se vuelva inválido para la transición de un sistema a otro; tampoco ha llegado a formar parte de la ideología el hecho de que la relatividad general, o más especialmente la cosmología de Einstein, permita la introducción de un tiempo cósmico preferido y, por consiguiente, de marcos espacio-temporales locales preferidos.[49]

A mi parecer, la relatividad general fue una de las más grandes revoluciones científicas de todos los tiempos, porque chocó con la teoría más grande y

[48] Véase mi [44], p. 114 (con la nota 30 de pie de página); también mi [42], vol. II, p. 20, y la crítica en mi [40], p. 440. Señalé esta crítica en 1950 a P. W. Bridgman, quien la recibió con suma generosidad.

[49] Véase A. D. Eddington, *Space time and gravitation*, pp. 162 *s.*, Cambridge University Press, 1935. Es interesante en este contexto que Dirac (en la p. 46 del escrito al que nos hemos referido en la nota 29, *supra*) diga que hoy duda de que el pensamiento cuatridimensional sea una exigencia fundamental de la física. (Es un requerimiento fundamental para conducir un auto.)

mejor probada de todos los tiempos: la teoría de la gravedad de Newton y del sistema solar. Contiene, como tenía que contener, la teoría de Newton como aproximación, y sin embargo la contradice en diversos puntos. Arroja resultados distintos para órbitas elípticas de apreciable excentricidad, y entraña el resultado asombroso de que cualquier partícula física (incluso fotones) que enfoque el centro de un campo gravitacional con una velocidad que exceda seis décimos de la velocidad de la luz no es acelerada por el campo gravitacional, como en la teoría de Newton, sino desacelerada; es decir, no atraída por un cuerpo pesado sino repelida.[50] Este resultado, sumamente sorprendente y de enorme interés, ha resistido las pruebas; pero no parece haberse convertido en parte de la ideología.

Es esta abolición y corrección de la teoría de Newton el que, desde un punto de vista científico (en contraste con el ideológico) tal vez sea lo más importante de la teoría general de Einstein. Esto implica, desde luego, que la teoría de Einstein puede compararse punto por punto con la de Newton[51] y

[50] Más precisamente, un cuerpo que cayera del infinito con una velocidad $v > c/3\frac{1}{2}$ hacia el centro de un campo gravitacional constantemente irá desacelerando al aproximarse a este centro.

[51] Véase la referencia a Troels Eggers Hansen citada en la nota 27, y Peter Havas, "Four-dimensional formulations of Newtonian mechanics and their relation to the special and the general theory of relativity", *Revs mod. Phys.* 36, pp. 938-965, 1964, y "Foundation problems in general relativity", en *Delaware seminar in the foundations of physics*, M. Bunge (comp.), pp. 124-148, 1967. Por supuesto, la comparación no es trivial. Véase, por ejemplo, pp. 52 *s.* del libro de E. Wigner al que nos hemos referido en la nota 24, *supra*.

que conserva la teoría de Newton como aproximación. Sin embargo, Einstein nunca creyó que su teoría fuera cierta. Escandalizó a Cornelius Lanczos en 1922 diciendo que su teoría no era sino una etapa pasajera; la llamó "efímera".[52] Y dijo a Leopold Infeld[53] que el lado izquierdo de su ecuación de campo[54] (el tensor de la curvatura) era sólido como una roca, mientras que el lado derecho (el tensor de energía del impulso) era tan endeble como la paja.

En el caso de la relatividad general, una idea que tuvo considerable influencia ideológica parece haber sido la del espacio curvo cuatridimensional. Esta idea ciertamente desempeña una función en la revolución científica y en la ideológica, pero esto hace aún más importante distinguir la revolución científica de la ideológica.

A pesar de todo, los elementos ideológicos de la revolución einsteiniana influyeron sobre los científicos y, por tanto, sobre la historia de la ciencia; y esta influencia no siempre fue buena.

Ante todo, el mito de que Einstein había llegado a su resultado mediante un uso esencial de métodos epistemológicos y especialmente operacionalistas ejerció, en mi opinión, un efecto devastador sobre la ciencia (no importa si se llega a unos resultados —en especial buenos resultados— soñándolos o bebiendo café negro, o aun por una epistemología

[52] Véase C. Lanczos, *op. cit.*, p. 196.

[53] Véase Leopold Infeld, *Quest*, p. 90. Victor Gollancz, Londres, 1941.

[54] Véase A. Einstein, "Die Feldgleichungen der Gravitation", *Sber. Akad. Wiss. Berlin*, parte 2, pp. 844-847, 1915; "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie", *Annln Phys.* (4ª Ser.), 49, pp. 769-822, 1916.

errónea).[55] En segundo lugar, condujo a la creencia de que la mecánica cuántica, segunda gran teoría revolucionaria del siglo, había de superar a la revolución einsteiniana, especialmente con respecto a su profundidad epistemológica. Me parece que esta creencia afectó a algunos de los grandes fundadores de la mecánica cuántica,[56] y también a algunos de los grandes fundadores de la biología molecular.[57] Condujo al predominio de una interpretación subjetivista de la mecánica cuántica; interpretación que yo he estado combatiendo durante casi cuarenta años. No puedo describir aquí la situación, pero aunque estoy consciente del deslumbrante logro de la mecánica cuántica (que no debe cegarnos ante el hecho de que está gravemente incompleta),[58] sugiero yo que la interpretación ortodoxa de la mecánica cuántica no es parte de la física sino que es una

[55] Creo que el párrafo 2 del célebre escrito de Einstein, "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie" (véase nota 54, *supra*: El fundamento de la teoría general de la relatividad, *The principle of relativity*, pp. 111-164; véase nota 47, *supra*) emplea argumentos epistemológicos sumamente dudosos *contra* el espacio absoluto newtoniano y *en pro* de una teoría muy importante.

[56] Especialmente Heisenberg y Bohr.

[57] Al parecer afectó a Max Delbrück; véase *Perspectives in American history*, vol. 2, Harvard University Press, 1968. "Emigré physicists and the biological revolution", por Donald Fleming, p. 152-189, especialmente las secciones IV y V. (Debo esta referencia al profesor Mogens Blegvad.)

[58] Es claro que una teoría física que no explique constantes como el quanto elemental eléctrico (o la constante de estructura fina) es incompleta, para no decir nada de los espectros de masas de las partículas elementales. Véase mi escrito, "Quantum mechanics without the 'observer'" al que nos hemos referido en la nota 45, *supra*.

ideología. En realidad es parte de una ideología modernista, y se ha convertido en una moda científica que constituye un grave obstáculo al progreso de la ciencia.

XIV

Espero haber puesto en claro la distinción entre una revolución científica y la revolución ideológica que a veces puede ir aunada a ella. La revolución ideológica puede servirla racionalmente o puede socavarla. Pero a menudo no es más que una moda intelectual. Aun si va vinculada a una revolución científica, puede ser de un carácter sumamente irracional, y puede conscientemente romper con la tradición.

Pero una revolución científica, por muy radical que sea, no puede en realidad romper con la tradición, pues debe conservar el triunfo de sus predecesoras. Por ello, las revoluciones científicas son racionales. Con esto no quiero decir, desde luego, que los grandes científicos que hacen las revoluciones son o deben ser seres totalmente racionales. Por lo contrario, aunque he estado defendiendo aquí la racionalidad de las revoluciones científicas, mi conjetura es que si los científicos individuales un día se volvieran "objetivos y racionales" en el sentido de "imparciales y desapegados", entonces en realidad encontraríamos el progreso revolucionario de la ciencia ante un obstáculo insuperable.

Deseo agradecer a Troels Eggers Hansen, al Rev. Michael Sharratt, al Dr. Herbert Spengler, y al Dr. Martin Wenham, sus comentarios críticos sobre esta conferencia.

V. LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y SUS RECONSTRUCCIONES RACIONALES*

IMRE LAKATOS

INTRODUCCIÓN

"LA FILOSOFÍA de la ciencia sin historia de la ciencia es vacía; la historia de la ciencia sin filosofía de la ciencia es ciega." Tomando como clave esta paráfrasis del famoso dicho de Kant, el presente ensayo pretende explicar *cómo* la historiografía de la ciencia debe aprender de la filosofía de la ciencia y *viceversa.*

Argüiremos que *i*) la filosofía de la ciencia aporta metodologías normativas en cuyos términos el historiador reconstruye la "historia interna" y ofrece así una explicación racional al desarrollo del conocimiento objetivo; *ii*) dos metodologías en competencia pueden ser evaluadas con ayuda de la historia (interpretada normativamente), y *iii*) cualquier reconstrucción racional de la historia tiene que ser

* Tomado de *PSA 1970, Boston Studies in the Philosophy of Science VIII*, editado por R. C. Buck y R. S. Cohen, pp. 91-108. Se reproduce con autorización de D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holanda. La parte 2 de este artículo es pp. 109-137 de aquel volumen, seguido por comentarios de H. Feigl, R. Hall, N. Koertge y T. S. Kuhn, y una réplica de Lakatos. Todo el artículo también fue impreso en [51], vol. I, pp. 109-138.

complementada por una "historia externa" empírica (*sociopsicológica*).

La vital demarcación entre normativo interno y empírico externo es diferente para cada metodología. En conjunto, las teorías historiográficas internas y externas determinan en altísimo grado la elección de problemas para el historiador, pero algunos de los problemas más cruciales de la historia externa sólo pueden formularse en términos de la propia metodología; así, la historia interna, definida desde luego, es primaria y la historia externa sólo secundaria. A decir verdad, en vista de la autonomía de la historia interna (pero no de la externa), la historia externa no es necesaria para la comprensión de la ciencia.[1]

Las metodologías rivales en la ciencia; las reconstrucciones racionales como guías de la historia

Hay varias metodologías a flote en la actual filosofía de la ciencia; pero todas ellas son muy distintas de lo que solía entenderse por "metodología" en el siglo XVII o aun en el XVIII. En aquel tiempo se esperaba que la metodología ofreciera a los hombres de

[1] La "Historia Interna" usualmente es definida como historia intelectual; la "Historia Externa" como historia social (*cf.* por ejemplo Kuhn [8, pp. 105-126]). Mi heterodoxa y nueva demarcación entre historia "interna" y "externa" constituye un considerable cambio de problemas y puede parecer dogmática. Pero mis definiciones forman el núcleo central de un programa de investigación historiográfica; su evaluación es parte principal de la evaluación de la fertilidad de todo el programa.

ciencia un libro de reglas fijas para resolver problemas. Esta esperanza se ha abandonado hoy: las metodologías modernas o "lógicas del descubrimiento" consisten tan sólo en un conjunto de reglas (acaso ni siquiera estrechamente entretejidas, ya no digamos mecánicas) para la *evaluación* de teorías ya formadas y articuladas.[2] A menudo estas reglas, o sistemas de evaluación, también sirven como "teorías de racionalidad científica", "normas de demarcación" de "definiciones de la ciencia". Fuera del ámbito legislativo de estas reglas normativas existe, desde luego, una empírica psicología y sociología del descubrimiento.

Esbozaré aquí cuatro distintas "lógicas del descubrimiento". Cada una será caracterizada por reglas que gobiernan la *aceptación* y el *rechazo* (científicos) de las teorías o programas de investigación.[3] Estas reglas tienen una doble función. En primer lugar, funcionan como *código de probidad científica* cuya violación es intolerable; segundo, como duros núcleos de *programas de investigación historiográficos* (*normativos*). Es en esta segunda función en la que deseo concentrarme aquí.

[2] Éste es un importantísimo cambio en el problema de la filosofía normativa de la ciencia. El término "normativo" ya no significa reglas para llegar a soluciones sino tan sólo indicaciones para la apreciación de soluciones ya existentes. Así, la metodología queda separada de la *heurística*, casi como los juicios de valor están separados de los planteamientos de lo que "debe ser" (debo esta analogía a John Watkins).

[3] La importancia epistemológica de la "aceptación" y del "rechazo" científicos, está, como veremos, lejos de ser la misma en las cuatro metodologías que vamos a analizar.

1. *El inductivismo*

Una de las metodologías de la ciencia que ha logrado obtener más influencia ha sido el inductivismo. Según el inductivismo, un cuerpo de ciencia sólo puede aceptar las proposiciones que describen hechos "duros" o que son generalizaciones inductivas infalibles a base de ellos.[4] Cuando el inductivista *acepta* una proposición científica, la acepta como verdad demostrada; en caso contrario la *rechaza*. Su rigor científico es estricto: una proposición debe ser probada por los hechos o —deductiva o inductivamente— derivada de otras proposiciones ya probadas.

Cada metodología tiene sus problemas epistemológicos y lógicos específicos. Por ejemplo, el inductivismo ha de establecer con certidumbre la verdad de proposiciones "fácticas" ("básicas") y la validez de las inferencias inductivas. Algunos filósofos se preocupan tanto con sus problemas epistemológicos y lógicos que nunca llegan al punto de interesarse en la historia real; si la historia real no encaja con sus normas, acaso tengan incluso la temeridad de proponer que comencemos de nuevo todo el asunto de la ciencia. Algunos otros dan por sentadas ciertas burdas soluciones de estos problemas lógicos y epistemológicos y consagran a una reconstrucción racional de la historia, sin darse cuenta de la debilidad (o hasta insostenibilidad) lógico-epistemológica de su metodología.[5]

[4] El "*neo*inductismo" sólo exige generalizaciones probables (demostrables). En lo que sigue, sólo elucidaré el inductivismo clásico; pero es posible tratar de manera similar la variante neoinductivista rebajada.

[5] *Cf. infra,* pp. 217-220.

La crítica inductivista es básicamente escéptica: consiste en mostrar que una proposición no ha sido probada, es decir, que es pseudocientífica, y no en mostrar que es falsa.[6] Cuando el historiador inductivista escribe la *prehistoria* de una disciplina científica, puede tomar abundantemente de tales críticas. Y a menudo explica la temprana "época de las tinieblas" —cuando la gente se alimentaba de "ideas no demostradas"— con la ayuda de alguna explicación "externa", como la teoría sociopsicológica de la influencia retardataria de la Iglesia católica.

El historiador inductivista sólo reconoce dos tipos de *descubrimientos científicos genuinos: proposiciones fácticas duras y generalizaciones* inductivas. Éstas y sólo éstas constituyen la espina dorsal de su *historia interna*. Al escribir historia las busca; encontrarlas es todo un problema. Sólo cuando las encuentra puede empezar la construcción de sus hermosas pirámides. Las revoluciones consisten en desenmascarar errores (irracionales), que entonces son expulsados de la historia de la ciencia a la historia de la seudociencia, a la historia de las simples creencias; el auténtico progreso científico empieza con la última revolución científica en un campo dado.

Cada historiografía interna tiene sus característicos paradigmas triunfantes.[7] Los principales paradigmas de la historiografía inductivista fueron las generalizaciones hechas por Kepler basándose en las cuidadosas observaciones de Tycho Brahe; el descubrimiento, por Newton, de su ley de la gravitación,

[6] Para un análisis detallado de la crítica inductivista (y, en general, justificacionista), *cf.* mi [50].

[7] Estoy empleando ahora el término "paradigma" en su sentido prekuhniano.

generalizando inductivamente, a su vez, los "fenómenos" de Kepler del movimiento planetario, y el descubrimiento por Ampère de su ley de la electrodinámica, generalizando inductivamente sus observaciones de las *corrientes* eléctricas. También la química moderna, según algunos inductivistas, empezó en realidad con los experimentos de Lavoisier y su "verdadera explicación" de ellos.

Pero el historiador inductivista no puede ofrecer una explicación "interna" *racional* de *por qué* ciertos hechos, y no otros, fueron seleccionados, para empezar. Para él, éste es un problema *no racional, empírico y externo.* El inductivismo como teoría "interna" de la racionalidad es compatible con muchas diferentes y suplementarias teorías empíricas o externas de elección de problemas. Por ejemplo, es compatible con la opinión marxista vulgar de que la elección de problemas queda determinada por las necesidades sociales;[8] en realidad, algunos marxistas vulgares identifican las grandes fases de la historia de la ciencia *con las grandes fases del* desarrollo económico.[9] Pero la elección de hechos no necesariamente queda determinada por factores sociales; puede quedar determinada por influencias intelectuales extra científicas. El inductivismo es asimismo compatible con la teoría "externa" de que la elección de problemas es básicamente determinada por marcos teóricos (o "metafísicos") innatos o arbitrariamente elegidos (o tradicionales).

[8] Esta compatibilidad fue señalada por Agassi [52, páginas 23-27]. Pero no señaló la compatibilidad análoga en su propia historiografía falsacionista; *cf. infra,* p. 218.

[9] *Cf.* por ejemplo J. D. Bernal, *Science in History,* 3ª ed. Londres, Watts, 1965, p. 377.

Hay una clase radical de inductivismo que condena todas las influencias externas, sean intelectuales, psicológicas o sociológicas, afirmando que crean tendencias inadmisibles: los inductivistas radicales sólo permiten una selección (aleatoria), por la mente vacía. El inductivismo radical es, a su vez, una clase especial de *internalismo radical.* Según este último, en cuanto alguien establece la existencia de alguna influencia externa sobre la aceptación de la teoría científica (o proposición fáctica), debemos retirarle nuestra aceptación: prueba de influencia externa significa invalidación,[10] pero como siempre se encuentran influencias externas, el internalismo radical es utópico y, como teoría de la racionalidad, es autodestructivo.[11]

Cuando el historiador inductivista radical se enfrenta al problema de por qué algunos grandes científicos tuvieron un alto concepto de la metafísica y, en realidad, por qué pensaron que sus descubrimientos eran grandes por razones que, a la luz del inductivismo, parecen muy extrañas, remitirá estos problemas de "falsa conciencia" a la psicopatología, es decir, a la historia externa.

2. *El convencionalismo*

El convencionalismo permite construir cualquier sistema de casillas que organice los hechos en algún

[10] Algunos positivistas lógicos pertenecían a este grupo: recordamos el horror de Hempel ante el elogio casual de Popper a ciertas influencias metafísicas externas sobre la ciencia. *Cf.* la crítica de C. G. Hempel de [40], *Deutsche Literaturzeitung* 1937, pp. 309-314.

[11] Cuando los oscurantistas alemanes se burlan del "po-

todo coherente. El convencionalista decide mantener intacto el centro de tal sistema de casillas mientras sea posible; cuando surgen dificultades por alguna invasión de anomalías, sólo cambia y complica las disposiciones periféricas. Pero el convencionalista no considera ningún sistema de casillas como demostradamente cierto sino sólo como "cierto por convención" (o, posiblemente, como ni siquiera verdadero ni falso). En las clases *revolucionarias* de convencionalismo no hay que adherirse para siempre a un sistema de casillas determinado: podemos abandonarlo si se torna intolerablemente estorboso y si se ofrece uno más sencillo para remplazarlo.[12] Esta versión del convencionalismo es mucho más sencilla que el inductivismo, epistemológicamente y, sobre todo, lógicamente; no necesita inferencias inductivas válidas. El *progreso* auténtico de la ciencia es acumulativo y se efectúa al nivel de los hechos "probados";[13] los *cambios* al nivel teórico son simplemente instrumentales. El "progreso" teórico sólo está en la conveniencia ("sencillez") y no en el contenido de verdad.[14] Desde luego, también podemos introducir

sitivismo", frecuentemente piensan en el internalismo radical y, en particular, en el inductivismo radical.

[12] Para lo que llamaré aquí *convencionalismo revolucionario*, véanse [50, pp. 104 y 187-189].

[13] Principalmente estoy tratando aquí sólo una versión del convencionalismo revolucionario, el que Agassi llamó "burdo": el que supone que las proposiciones fácticas —a diferencia de los sistemas de casilleros— pueden "probarse". *Cf.* J. Agassi, "Sensationalism", *Mind*, 75, 1966, pp. 1-24. (Duhem, por ejemplo, no establece una distinción clara entre hechos y proposiciones fácticas.)

[14] Es importante observar que la mayoría de los convencionalistas se muestran renuentes a abandonar las ge-

el convencionalismo revolucionario en el nivel de las proposiciones "fácticas", caso en el cual aceptaremos proposiciones "fácticas", por decisión y no por "pruebas" experimentales. Pero entonces, si el convencionalista ha de conservar la idea de que el desarrollo de la ciencia "fáctica" tiene algo que ver con la verdad objetiva y fáctica, habrá de inventar algún principio metafísico que, entonces, tendrá que sobreimponer a sus reglas del juego de la ciencia.[15] Si no lo hace, no podrá librarse del escepticismo, o, al menos, de alguna forma radical de instrumentalismo.

(Es importante aclarar la *relación entre convencionalismo e instrumentalismo*. El convencionalismo se basa en el reconocimiento de que *suposiciones* falsas pueden tener consecuencias verdaderas; por tanto, teorías falsas pueden tener un gran poder de

neralizaciones inductivas. Distinguen entre el *"suelo de los hechos"*, el *"suelo de las leyes"* (es decir, generalizaciones inductivas a base de "hechos") y el *"suelo de las teorías"* (o de sistemas de casilleros) que clasifican, convenientemente, a la vez hechos y leyes inductivas. (Whewell [46], el convencionalista conservador, y Duhem [47], el convencionalista revolucionario, difieren menos de lo que imagina la mayoría de la gente.)

[15] Podríamos llamar "principios inductivos" a semejantes principios metafísicos. Para un "principio inductivo" que —en términos muy generales— hace que el "grado de corroboración" (una evaluación convencionalista) de Popper sea la medida de la verosimilitud de Popper (contenido de verdad menos contenido de falsedad), véase [51, I, cap. 3, sec. 2, y II, pp. 181-193]. Otro "principio inductivo" de gran difusión puede formularse así: "Lo que el grupo de científicos preparados —o actualizados, o convenientemente purgados— decide *aceptar* como 'verdadero', es verdadero.")

predicción. Los convencionalistas han de enfrentarse al problema de comparar teorías falsas rivales. En su mayoría, aúnan la verdad con sus señales y se encuentran sosteniendo alguna versión de la teoría pragmática de la verdad. Fue la teoría de Popper, sobre el contenido de verdad, verosimilitud y corroboración, la que finalmente echó las bases de una versión del convencionalismo, impecable desde el punto de vista filosófico. Por otra parte, algunos convencionalistas no tenían suficiente preparación lógica para comprender que algunas proposiciones pueden ser ciertas aunque no estén probadas; otras pueden ser falsas aunque tengan consecuencias verdaderas, y asimismo algunas a la vez son falsas y aproximadamente ciertas. Esta gente optó por el "instrumentalismo": llegaron a considerar las teorías como ni verdaderas ni falsas sino tan sólo como "instrumentos" para la predicción. El convencionalismo, como lo definimos aquí, es una posición filosóficamente sana; el instrumentalismo es una versión degenerada de él, basada en una simple confusión filosófica causada por falta de la más elemental competencia lógica.)

El convencionalismo revolucionario nació como la filosofía bergsoniana de la ciencia: libre albedrío y creatividad eran sus lemas. El código del honor científico de los convencionalistas es menos riguroso que el de los *inductivistas:* no prohíbe la especulación no demostrada, y permite construir un sistema de casillas en torno de *cualquier* idea fantástica. Además, el convencionalismo no tilda de *no científicos* a los sistemas descartados; el convencionalista ve mucho más de la historia real de la ciencia como racional ("interna") que el inductivista.

Para el historiador convencionalista, los grandes descubrimientos son, ante todo, invenciones de sistemas de casillas nuevos y más sencillos. Por ello, constantemente hace comparaciones en busca de simplicidad; las complicaciones de los sistemas de casilleros y su remplazo revolucionario por otros más sencillos constituyen la espina dorsal de su historia interna.

El caso paradigmático de una revolución científica para el convencionalista ha sido la revolución copernicana.[16] Se han hecho esfuerzos por mostrar que las revoluciones de Lavoisier y de Einstein también fueron remplazos de teorías complicadas, por otras más sencillas.

La historiografía convencionalista no puede ofrecer una explicación *racional* de por qué ciertos hechos fueron elegidos, para empezar, o por qué ciertos particulares sistemas de casillero fueron puestos a prueba antes que otros en una etapa en que sus méritos relativos aún no eran claros. Así el convencionalismo, como el inductivismo, es compatible con varios programas "externalistas" empíricos suplementarios.

Por último, el historiador convencionalista, como su colega inductivista, frecuentemente tropieza con

[16] La mayor parte de las versiones históricas de la revolución copernicana están escritas desde el punto de vista convencionalista. Pocos afirmaron que la teoría de Copérnico era una "generalización inductiva" basada en un "descubrimiento fáctico", o que fue propuesta como audaz teoría para reemplazar la teoría tolemaica que había sido "refutada" por algún célebre experimento "crucial".

Para una nueva discusión de la historiografía de la revolución copernicana, *cf.* [51, I, cap. 4].

el problema de la "falsa conciencia." Por ejemplo, según el convencionalismo, es "un hecho" que los grandes científicos llegan a sus teorías por vuelos de su imaginación. ¿Por qué, entonces, afirman a menudo que ellos sacan de los hechos sus teorías? La reconstrucción racional del convencionalista difiere a menudo de la reconstrucción de los grandes científicos; el historiador convencionalista relega estos problemas de falsa conciencia al externalista.[17]

3. *El falsacionismo metodológico*

El falsacionismo contemporáneo surgió como crítica logicoepistemológica del inductivismo y del convencionalismo duhemiano. Se criticó al inductivismo por motivo de que sus dos suposiciones básicas, a saber, que proposiciones fácticas pueden "derivarse" de hechos y que puede haber inferencias inductivas (que aumentan el contenido) válidas, estas dos teorías, a su vez, no están probadas y hasta son demostrablemente falsas. Duhem fue criticado porque la comparación de la simplicidad intuitiva sólo puede ser cuestión de gusto subjetivo y que es tan ambigua que no es posible basar en ella ninguna crítica afila-

[17] Por ejemplo, para los historiadores no inductivistas, la frase de Newton, *"Hypotheses non fingo"* representa un problema importante. Duhem, que en contraste con la mayoría de los historiadores no cae en el culto a Newton, desdeñó la metodología inductivista de Newton tildándola de dislate lógico; pero Koyré (por ejemplo [14]), cuyos muchos puntos fuertes no incluyen la lógica, dedicó extensos capítulos a las "profundidades ocultas" del desorden newtoniano.

da. Popper [40] propuso una nueva metodología "falsacionista".[18] Esta metodología es otro tipo de convencionalismo revolucionario: la diferencia principal es que admite "enunciados básicos" fácticos, espacio-temporales singulares, antes que teorías espacio-temporales universales para que sean aceptadas por convención. En el código de honor del falsacionista, una teoría sólo es científica si se le puede *hacer* entrar en conflicto con un enunciado básico; y se debe eliminar una teoría si entra en conflicto con un enunciado básico aceptado. Popper también indicó otra condición que debe satisfacer toda teoría para calificar como científica: Debe predecir hechos que sean *nuevos,* es decir, inesperados a la luz del conocimiento anterior. Así, va contra el código de honor científico de Popper proponer teorías infalsables o hipótesis *"ad hoc"* (lo que no implica predicciones empíricas *nuevas*), así como va contra el código inductivista (clásico) pero no científico proponer hipótesis no probadas.

El gran atractivo de la metodología popperiana se encuentra en su claridad y fuerza. El modelo deductivo de crítica científica de Popper contiene proposiciones espacio-temporales universales y empíricamente falsables, condiciones iniciales y sus consecuencias. El arma de la crítica es el *modus tollens;* ni lógica inductiva ni simplicidad intuitiva complican el cuadro.[19]

[18] *En este escrito empleo este término para representar exclusivamente una versión del falsacionismo, a saber el "falsacionismo metodológico ingenuo", como fue definido en* [50, pp. 93-114].

[19] Como en su metodología no hay lugar para el *concepto* de la simplicidad intuitiva, Popper pudo emplear

El falsacionismo, aunque lógicamente impecable, tiene dificultades epistemológicas propias. En su protoversión "dogmática" admite la demostrabilidad de proporciones a partir de hechos y así la refutabilidad de teorías: suposiciones falsas [*cf.* 50, p. 98]. En su versión "convencionalista" popperiana necesita algún "principio inductivo" (extrametodológico) para prestar peso epistemológico a sus decisiones de aceptar enunciados "básicos", y en general para conectar sus reglas del juego científico con la verosimilitud [*cf.* 51, *i*, 121-122].

El historiador poppperiano busca grandes teorías falsables, "audaces" y grandes experimentos cruciales negativos. Éstos forman el esqueleto de su reconstrucción. Los paradigmas favoritos de los popperianos, de grandiosas teorías falsables, son las teorías de Newton y de Maxwell, las fórmulas de la radiación de Rayleigh, Jeans y Wien, y la revolución einsteiniana; sus paradigmas favoritos de experimentos cruciales son el experimento Michelson-Morley, el experimento del eclipse de Eddington y los experimentos de Lummer y Pringsheim. Fue Agassi quien trató de convertir este ingenuo falsacionismo en un programa de investigación historiográfica sistemático [52, pp. 64-74]. En particular, predijo (o "postdijo", si se prefiere) que tras cada gran descubrimiento experimental se encuentra una teoría que el descubrimiento contradice; la importancia de un descubrimiento fáctico debe medirse por la importancia de la teoría refutada por él. Agassi parece aceptar por su apariencia los juicios de valor de la comu-

el término "simplicidad" por "grado de falsabilidad". Pero hay más sobre simplicidad que esto: *cf.* [50, pp. 132 *ss.*].

nidad científica concernientes a la importancia de descubrimientos fácticos como los de Galvani, Oersted, Priestley, Roentgen y Hertz; pero niega el "mito" de que fueran descubrimientos casuales (como se dijo que habían sido los cuatro primeros) o ejemplos confirmadores (como al principio pensó Hertz que lo era su descubrimiento).[20] Así, Agassi llega a una predicción audaz: todos estos cinco experimentos fueron triunfantes refutaciones —en algunos casos, refutaciones hasta *planeadas*— de teorías que él propone desenterrar y, en realidad, las más de las veces afirma haber desenterrado.

A su vez, la historia interna popperiana es fácilmente suplementada por teorías externas de la historia. Así, el propio Popper explicó que (del lado positivo) *i*) el principal estímulo *externo* de las teorías científicas proviene de la acientífica "metafísica" y aun de mitos (esto después fue bellamente ilustrado, sobre todo por Koyré); y que (del lado negativo) *ii*) los hechos *no* constituyen semejante estímulo externo; los descubrimientos fácticos pertenecen por completo a la historia interna, y surgen como refutaciones de alguna teoría científica, de modo que los hechos sólo son notados si entran en conflicto con alguna expectativa previa. Ambos son piedras angulares de la *psicología* del descubrimiento de Popper.[21]

[20] Un descubrimiento experimental es un *descubrimiento casual en el sentido objetivo* si no es un ejemplo confirmador o refutador de alguna teoría en el cuerpo objetivo de conocimiento de la época; es un *descubrimiento casual en el sentido subjetivo* si no fue hecho (o reconocido) por el descubridor ni como confirmación ni como refutación de alguna teoría que personalmente había sostenido por entonces.

[21] Dentro del círculo popperiano, fueron Agassi y Wat-

Feyerabend desarrolló otra interesante tesis *psicológica* de la de Popper, a saber, que la proliferación de teorías rivales puede acelerar —*externamente*— la falsación *interna* popperiana.[22]

Pero las teorías externas suplementarias del falsacionismo no tienen que limitarse a influencias puramente intelectuales. Debe subrayarse (tendrá que perdonarme Agassi) que el falsacionismo no es menos compatible que el inductivismo con una visión marxista vulgar de lo que hace progresar la ciencia. La única diferencia es que, mientras que para el último, puede invocarse al marxismo para que explique el descubrimiento de *hechos*, para el primero se le puede invocar para explicar la invención de *teorías científicas;* aunque la elección de hechos (es decir, para el falsacionista, la elección de "falsadores potenciales") queda básicamente determinada, en lo interno, por las teorías.

La "falsa conciencia" —"falsa" desde el punto de

kins quienes particularmente subrayaron la importancia de las teorías *"metafísicas"* infalsables o apenas sometibles a prueba al dar un estímulo *externo* a posteriores avances *científicos* propiamente dichos (*cf.* [55] y J. W. M. Watkins, "Influential and Confirmable Metaphysics", *Mind*, n. s. 67, 1958, pp. 344-365). Desde luego, la idea está ya en Popper [40], *cf.* [50, p. 183]; pero la nueva formulación de la diferencia entre este enfoque y el mío, que presentaré en este artículo será, espero yo, mucho más clara.

[22] Popper ocasionalmente —y Feyerabend sistemáticamente— subrayaron la función catalítica (*externa*) de teorías opuestas al formular los llamados "experimentos cruciales". Pero las teorías opuestas no son simplemente catalíticas, que pueden suprimirse en la reconstrucción racional; son partes *necesarias* del proceso de falsación. *Cf.* Popper [44] y Feyerabend [63]; *cf.* también [50, página 121, n. 4].

vista de *su* teoría de la racionalidad— crea un problema para el historiador falsacionista. Por ejemplo, ¿por qué creen algunos científicos que los experimentos cruciales son positivos y verificadores, antes que negativos y falsadores? Fue el falsacionista Popper quien, para resolver estos problemas, elaboró mejor que nadie antes la brecha entre conocimiento objetivo (en su "tercer mundo") y sus reflejos deformados en mentes individuales [45, caps. 3, 4]. Allanó así el camino a mi demarcación entre historia interna e historia externa.

4. *La metodología de los programas de investigación científica*

Según mi metodología, las grandes realizaciones científicas son programas de investigación que pueden evaluarse por sus cambios de problemas, progresivos y degenerativos; y las revoluciones científicas consisten en un programa de investigación que sobresee (alcanzándolo en el progreso) a otro.[23] Esta metodología ofrece una nueva reconstrucción racional de la ciencia. La mejor manera de presentarla es contrastándola con el falsacionismo y el convencionalismo, de los cuales toma elementos esenciales.

Del convencionalismo, esta metodología toma prestada la licencia de aceptar racionalmente por convención no sólo "enunciados fácticos" espaciotemporales singulares, sino también teorías espa-

[23] Los términos "progresivo" y "cambio de problemas degenerativos", "programas de investigación", "sobreseer" quedarán burdamente definidos en lo que sigue: para definiciones más elaboradas, véase [50].

cio-temporales universales; en realidad, ésta ha llegado a ser la clave más importante de la continuidad del desarrollo científico.[24] La unidad básica de evaluación no debe ser una aislada teoría o conjunción de teorías sino, antes bien, un "*programa de investigación*", con un "*duro núcleo*" convencionalmente aceptado (y así, por decisiones convencionales, "irrefutable") y con un "*heurístico positivo*" que define problemas, esboza la construcción de un cinturón de hipótesis auxiliares, prevé anomalías y las convierte victoriosamente en ejemplos, todo ello de acuerdo con un plan preconcebido. El hombre de ciencia enumera las anomalías, pero mientras su programa de investigación sostenga su ímpetu, él bien puede dejarlas a un lado. *Es básicamente el heurístico positivo de su programa, no las anomalías, el que dicta la elección de sus problemas.*[25] Sólo cuando la fuerza impulsora del heurístico positivo se debilita puede prestarse mas atención

[24] Popper no permite esto: "Hay una gran diferencia entre mis opiniones y el convencionalismo. Yo sostengo que lo que caracteriza al método empírico es precisamente esto: nuestras convenciones determinan la aceptación de los enunciados *singulares*, no de los *universales*" [40, sección 30].

[25] Los falsacionistas niegan acaloradamente esto: "aprender de la experiencia es aprender de un ejemplo refutador. El ejemplo refutador se convierte entonces en un ejemplo problemático" (Agassi [55], p. 201). En [56], Agassi atribuyó a Popper la afirmación de que "aprendemos de la experiencia por refutaciones" (p. 169), y añade que según Popper *sólo* podemos aprender de refutación pero no de corroboración (p. 167), Feyerabend dice que "*los ejemplos negativos bastan en la ciencia*". Pero estas observaciones indican una teoría muy unilateral de aprender de la experiencia (*cf.* [50, pp. 121-123]).

a las anomalías. La metodología de los programas de investigación puede explicar de este modo *el alto grado de autonomía de la ciencia teórica;* no pueden hacerlo las desconectadas cadenas de conjeturas y refutaciones del falsacionista ingenuo. Lo que para Popper, Watkins y Agassi es una metafísica influyente, *externa,* se convierte aquí en el "duro núcleo" *interno* de un programa.[26]

La metodología de los programas de investigación presenta un cuadro del juego de la ciencia muy distinto del cuadro del falsacionista metodológico. El mejor gambito inicial no es una hipótesis falsable (y, por tanto, congruente) sino un programa de investigación. La simple "falsación" (en el sentido de Popper) no tiene que implicar rechazo (*cf.* [50, pp. 116 *ss.* y 154 *ss.*] y [51, *ii*, pp. 175-178]). Las simples "falsaciones" (es decir, anomalías) deben registrarse, pero no es obligatorio actuar sobre ellas. Desaparecen los grandes experimentos cruciales negativos de Popper; "experimento crucial" es un título honorífico que, desde luego, se puede conferir a ciertas anomalías, pero sólo *mucho después del hecho,* sólo cuando un programa ha sido derrotado por otro. Según Popper, un experimento crucial es descrito por un enunciado básico aceptado que es incongruente con una teoría: de acuerdo con la metodología de los programas de investigación científica, ningún enunciado básico aceptado, *por sí solo* da derecho al científico a rechazar una teoría. Se-

[26] Duhem [47], como convencido positivista dentro de la filosofía de la ciencia, sin duda excluiría la mayor parte de la "metafísica" como acientífica y no le permitiría tener ninguna influencia sobre la ciencia propiamente dicha.

mejante choque puede presentar un problema (grande o pequeño), pero en ninguna circunstancia una "victoria". La naturaleza puede gritar *no*, pero el ingenio humano —en contra de Weyl y de Popper [40, sec. 85]— siempre podrá gritar más alto. Con suficientes recursos y un poco de buena fortuna, es posible defender "progresivamente" cualquier teoría durante largo tiempo, aun si es falsa. Debe abandonarse la pauta popperiana de "conjeturas y refutaciones", que es la pauta de prueba por hipótesis seguida por error mostrado por experimento: ningún experimento es crucial en el tiempo —y ya no digamos antes— en que se le ejecuta (salvo, tal vez, psicológicamente).

Sin embargo, debe indicarse que la metodología de los programas de investigación científica tiene dientes más agudos que el convencionalismo de Duhem: en lugar de dejar al inarticulado sentido común de Duhem el juzgar cuando debe abandonarse un "marco" (*cf.* [47, II, *vi*, 10]), inyectaré algunos duros elementos popperianos en la evaluación de si un programa progresa o degenera o si está alcanzando a otro. Es decir, doy normas de progreso y estancamiento dentro de un programa y también reglas para la "eliminación" de programas de investigación completos. Se dice que un programa de investigación está *progresando* mientras su desarrollo teórico se anticipa a su crecimiento empírico, es decir, mientras continúa prediciendo hechos nuevos con algún éxito (*cambio de problemas progresivos*); está estancado si el desarrollo teórico se queda atrás de su desarrollo empírico, es decir, mientras sólo dé explicaciones *post hoc*, sea de los descubrimientos casuales o de los hechos previstos por un programa rival, y descu-

biertos en él (*cambio de problemas degenerativos*).[27] Si un programa de investigación explica progresivamente más que un rival, lo "sobresee", y se puede eliminar al rival (o, si se prefiere, "archivarlo").[28]

[27] De hecho, yo defino un programa de investigación como degenerador aun si se anticipa a hechos nuevos pero lo hace en un desarrollo fragmentario y no en un heurístico positivo coherente y planeado con anticipación. Yo distingo tres tipos de hipótesis auxiliares *ad hoc*: las que no tienen un contenido empírico excesivo sobre su predecesora ("*ad hoc*$_1$"), las que sí tienen un contenido excedente pero nada de ella queda corroborado ("*ad hoc*$_2$") y finalmente las que no son *ad hoc* en estos dos sentidos pero no forman una parte integral del heurístico positivo ("*ad hoc*$_3$"). Ejemplos de hipótesis *ad hoc*$_1$ nos ofrecen las prevaricaciones lingüísticas de la seudociencia, o las estratagemas convencionalistas analizadas en mi [48] como "que excluyen monstruos", "que excluyen excepciones", "adaptación a los monstruos", etc. Un ejemplo célebre de una hipótesis *ad hoc*$_2$ nos lo ofrece la hipótesis de la contracción de Lorentz-Fitzgerald; un ejemplo de hipótesis *ad hoc*$_3$ es la primera corrección de Planck a la fórmula de Lummer-Pringsheim (también *cf.* [51, *i*, pp. 79 *ss.*]). Parte del desarrollo canceroso en las "ciencias" sociales contemporáneas consiste en una telaraña de tales hipótesis *ad hoc*$_3$, como lo han mostrado Meehl y Lykken (para referencias, *cf.* [50, p. 176, n. 1]).

[28] La rivalidad de dos programas de investigación es, desde luego, un proceso prolongado durante el cual es racional trabajar en cualquiera de ellos (*o, si se puede, en ambos*). Esta última pauta cobra importancia, por ejemplo, cuando uno de los programas rivales es vago y sus adversarios desean desarrollarlo en forma más aguda para mostrar sus flaquezas. Newton elaboró la teoría del vórtice cartesiano para mostrar que era incongruente con las leyes de Kepler. (Un trabajo simultáneo sobre programas rivales, desde luego, socava la tesis de Kuhn sobre la inconmensurabilidad psicológica de paradigmas rivales.)

El progreso de un programa es factor vital en la degene-

(*Dentro* de un programa de investigación, una teoría sólo puede ser eliminada por una teoría mejor, es decir, por una que tiene un exceso de contenido empírico sobre sus predecesoras, algunas de las cuales son ulteriormente confirmadas. Y para este remplazo de una teoría por otra mejor, no hay ni siquiera que "falsar" la primera teoría, en el sentido popperiano del término. Así, el progreso queda marcado por los ejemplos que verifican el contenido excedente, y no por ejemplos falsadores [50, pp. 122-123]; la "falsación" empírica y el "rechazo" real se vuelven independientes. Antes de que una teoría sea modificada nunca podemos saber en qué forma ha sido "refutada", y algunas de las modificaciones más interesantes son motivadas por el "heurístico positivo" del programa de investigación, y no por anomalías. Esta diferencia, por sí sola, tiene consecuencias importantes y conduce a una reconstrucción racional de un cambio científico, muy distinta de la de Popper.)[29]

ración de su rival. Si el programa P_1 constantemente produce "hechos nuevos", éstos, por definición, serán anomalías para el programa rival P_2. Si P_2 explica estos hechos nuevos tan sólo en forma *ad hoc*, es degenerativo por definición. Así, cuanto más progresa P_1, más difícil es a P_2 progresar.

[29] Por ejemplo, una teoría rival, que actúa como catalizador *externo* para la falsación popperiana de una teoría, se convierte aquí en factor *interno*. En la reconstrucción de Popper (y de Feyerabend) semejante teoría, tras la falsación de la teoría bajo prueba, puede suprimirse de la reconstrucción racional; en mi reconstrucción tiene que permanecer dentro de la historia interna para no anular la falsación: (*cf. supra*, nota 22).

Otra consecuencia importante es la diferencia entre el estudio que hace Popper del argumento de Duhem-Quine

Es muy difícil decidir (especialmente porque no debemos exigir progreso a cada paso aislado) cuándo un programa de investigación ha degenerado irremisiblemente o cuándo uno de dos programas rivales ha obtenido una ventaja decisiva sobre el otro. En esta metodología, como en el convencionalismo de Duhem, no puede haber racionalidad instantánea, ya no digamos mecánica. *Ni la prueba de incongruencia del lógico ni el veredicto de anomalía del científico experimental podrán derribar de un solo golpe un programa de investigación.* Sólo podemos ser "sabios" tras los hechos consumados.[30]

En este código de honor científico, la modestia desempeña un papel más importante que en otros códigos. *Debemos* comprender que nuestros adversarios, aun si se han quedado muy atrás, pueden volver a la carga. Ninguna ventaja para un lado o para otro puede ser considerada como absolutamente concluyente. Nunca hay nada inevitable en el triunfo de un programa. Asimismo, nunca hay nada inevitable en su derrota. Por ello la obstinación, como la modestia, tiene un ámbito más "racional". *Sin embargo, en todo momento deben registrarse las puntuaciones de los bandos rivales,*[31] *y se les debe mostrar públicamente.*

(Debemos aquí referirnos al menos al principal problema epistemológico de la metodología de los

y el mío; *cf.* por una parte, el de Popper [40, último par. sec. 18, y sec. 19, nota 1], [43, pp. 131-133] y [44, p. 112, nota 26, pp. 238-239 y 243]; y por otra parte [50, pp. 184-189].

[30] Para el falsacionista, esta idea es repulsiva; *cf.* por ejemplo Agassi [54, pp. 48 *ss.*].

[31] Ahora, parece que Feyerabend niega que ésta sea siquiera una posibilidad; *cf.* [49 y 67].

programas de investigación científica. Tal como está, como el falsacionismo metodológico de Popper, representa una versión *muy* radical de convencionalismo. Necesitamos plantear algún principio inductivo extrametodológico para relacionar —así sea tenuemente— el gambito científico de las aceptaciones y rechazos pragmáticos con la verosimilitud.[32] Sólo semejante "principio inductivo" podrá convertir la ciencia, de un simple juego en un ejercicio epistemológicamente racional; de un conjunto de gambitos frívolos y escépticos hechos por diversión intelectual en una aventura falibilista —más seria— de aproximación a la verdad acerca del universo [*cf.* 51, II, pp. 121-122].)

La metodología de los programas de investigación científica constituye, como cualquier otra metodología, un programa de investigación historiográfica. El historiador que acepte esta metodología como guía, buscará en la historia programas de investigación rivales y cambios de problemas, progresivos y degenerativos. Donde el historiador duhemiano ve una revolución sólo en la simplicidad (como la de Copérnico), buscará un programa progresivo en grande escala, que supere a otro degenerador. Donde el falsacionista ve un experimento crucial negativo, él "predecirá" que no había ninguno, que tras cualquier supuesto experimento crucial, tras cualquier supuesta batalla entre la teoría del experimento, hay toda una oculta guerra de desgaste entre dos programas de investigación. El resultado de la guerra sólo después

[32] Empleo aquí "verosimilitud" en el sentido técnico de Karl Popper, como la diferencia entre el contenido de verdad y el contenido de falsedad de una teoría; *cf.* su [44, capítulo 10].

se une en la reconstrucción falsacionista con algún "experimento crucial" supuestamente único.

La metodología de los programas de investigación —como cualquier otra teoría de racionalidad científica— debe ser complementada por una historia empírica-externa. Ninguna teoría de racionalidad resolverá nunca problemas como por qué la genética mendeliana desapareció en la Rusia Soviética en el decenio de 1950, o por qué ciertas escuelas de investigación de las diferencias raciales genéticas o de la economía de la ayuda exterior cayeron en descrédito en los países anglosajones durante los sesentas. Además, para explicar diferentes velocidades de desarrollo de diferentes programas de investigación podríamos tener que invocar la historia externa. La reconstrucción racional de la ciencia (en el sentido en que yo empleo el término) no puede ser comprehensiva, ya que los seres humanos no son animales *completamente* racionales; y aun cuando actúan racionalmente pueden tener una teoría falsa de sus propias acciones racionales.

Pero la metodología de los programas de investigación traza una demarcación entre la historia interna y la externa, que es claramente distinta de la trazada por otras teorías de racionalidad. Por ejemplo, lo que a los falsacionistas les parece el fenómeno (lamentablemente frecuente) de adherencia irracional a una teoría "refutada" o incongruente y que, por tanto, relegan a la historia *externa,* bien puede ser explicado en términos de mi metodología, *internamente,* como una defensa racional de un prometedor programa de investigación. O las buenas predicciones de hechos nuevos que constituyen seria evidencia para un programa de investigación y por

tanto partes vitales de la historia interna, no son pertinentes ni para el inductivista ni para el falsacionista.[33] Y es que para el inductivista y el falsacionista, realmente no importa si el descubrimiento de un hecho precedió, o siguió a una teoría: sólo su relación lógica es decisiva. El efecto "irracional" de la coincidencia histórica, el que una teoría se hubiese *anticipado* casualmente a un descubrimiento fáctico, carece de significación interna. Tales anticipaciones "*no constituyen prueba sino* [*simple*] *propaganda*".[34] O asimismo, tomemos el descontento de Planck ante su propia fórmula de la radiación, de 1900, que le pareció "arbitraria". Para el falsacionista, la fórmula era una hipótesis audaz, falsable, y el disgusto de Planck ante ella, un capricho no racional, que sólo podría explicarse en términos de psicología. Sin embargo, a mi parecer, el descontento de Planck sí puede explicarse internamente: fue una condenación racional de una teoría "*ad hoc*$_3$" (*cf. supra*, nota 27). Mencionemos un ejemplo más: para el falsacionismo, la "metafísica" irrefutable es una influencia intelectual externa; en mi enfoque es parte vital de la reconstrucción racional de la ciencia.

[33] El lector deberá recordar que en este escrito sólo estoy analizando el falsacionismo ingenuo; *cf. supra*, nota 18.

[34] Éste es el comentario de Kuhn a la triunfal *pre*dicción, por Galileo, de las fases de Venus [2, p. 224]. Como Mill y Keynes antes que él, Kuhn no puede comprender por qué el orden histórico de la teoría y la evidencia debe contar, y no puede ver la importancia del hecho de que los copernicanos *pre*dijeran las fases de Venus, mientras que los tychobrahianos sólo las explicaban por adaptaciones *post hoc*. En realidad, como no ve la importancia del hecho, ni siquiera se toma la molestia de mencionarlo.

Hasta hoy, la mayoría de los historiadores han solido considerar la solución de algunos problemas como monopolio de los externalistas. Uno de estos es el problema de la gran frecuencia de los *descubrimientos simultáneos.* A este problema, los marxistas vulgares le dan una fácil solución: un descubrimiento es hecho por muchas personas a la vez en cuanto surge una necesidad social de él.[35] Ahora bien, lo que constituye un "descubrimiento", y especialmente un gran descubrimiento, depende de la propia metodología. Para el inductivista, los descubrimientos más importantes son fácticos y, en realidad, tales descubrimientos a menudo se hacen simultáneamente. Para el falsacionista, un *gran* descubrimiento consiste en el descubrimiento de una teoría, que no de un hecho. Una vez descubierta (o, antes bien, inventada) una teoría, se convierte en propiedad pública; y nada es más obvio que el hecho de que varias personas la someterán a prueba simultáneamente, y simultáneamente también harán descubrimientos fácticos (menores). Asimismo, una teoría publicada es un desafío a idear explicaciones de alto nivel que puedan someterse a prueba de manera independiente. Por ejemplo, dadas las elipses de Kepler y la mecánica rudimentaria de Galileo, no resulta muy sorprendente el "descubrimiento" simultáneo de una ley de la inversa de los cuadrados. Siendo pública una situación-problema, pueden explicarse las soluciones simultáneas por motivos *puramente internos.* Sin embargo, el descubrimiento de

[35] Para un planteamiento de esta posición y una interesante discusión crítica *cf.* M. Polanyi, *The Logic of Liberty,* Londres, Routledge and Kegan Paul, 1951, pp. 4 *ss.* y 78 *ss.*

un nuevo problema puede no ser tan fácilmente explicable. Si pensamos en la historia de la ciencia como integrada por programas de investigación rivales, entonces la mayor parte de los descubrimientos simultáneos, teóricos o fácticos, se explican por el hecho de que siendo propiedad pública los programas de investigación, muchas personas trabajan en ellos en diferentes rincones de la Tierra, posiblemente sin conocerse. No obstante, los avances realmente *nuevos, grandes y revolucionarios,* rara vez se inventan de manera simultánea. Algunos descubrimientos supuestamente simultáneos de programas nuevos sólo han parecido descubrimientos simultáneos con una falsa visión retrospectiva: en realidad, son descubrimientos *distintos* que sólo después se fundieron en uno solo.[36]

Un "coto de caza" predilecto de los externalistas ha sido el problema —relacionado con el anterior— de por qué se atribuye tanta importancia a las *disputas por prioridad,* y por qué se gasta tanta energía en ellas. Esto puede ser explicado sólo *externamente* por el inductivista, el falsacionista ingenuo o el convencionalista; pero a la luz de la metodología de los programas de investigación, algunas disputas de prioridad son vitales problemas *internos,* ya que en esta metodología *se vuelve importantísimo para la evaluación racional qué programa fue primero al anticiparse a un hecho nuevo y cuál encajó sólo después en el hecho que hoy ya es viejo.* Algunas

[36] Esto fue ilustrado convincentemente por Elkana, para el caso del llamado descubrimiento simultáneo de la conservación de la energía (Y. Elkana, "The conservation of energy, a case of simultaneous discovery?", *Archives internationales d'Histoire des Sciences,* 24, 1971, pp. 31-60).

disputas de prioridad pueden explicarse por interés racional y no simplemente por vanidad y afán de celebridad. Se vuelve entonces importante, por ejemplo, el que la teoría tychobrahiana lograra explicar —sólo *post hoc*— las fases observadas y la distancia de Venus que originalmente fueron anticipadas con precisión por los copernicanos (*cf. supra*, nota 34) o que los cartesianos lograran explicar todo lo que los newtonianos *pre*dijeron... pero sólo *post hoc*. La teoría óptica newtoniana explicó *post hoc* muchos fenómenos que fueron anticipados y observados por huyghensianos.[87]

Todos estos ejemplos muestran cómo la metodología de los programas de investigación científica convierte muchos problemas que habían si-

[87] Para la clase mertoniana de funcionalismo —como me lo hizo ver Alan Musgrave—, las disputas por prioridad constituyen una disfunción *prima facie* y por tanto una anomalía a la que Merton se ha esforzado por dar una explicación sociopsicológica general (*cf.* [84], [85], [86]). Según Merton, "el *conocimiento* científico no es más rico ni más pobre por haber dado crédito al que crédito merece: son la *institución* social de la ciencia y los hombres de ciencia en particular los que sufrirán por no haber atribuido el crédito con justicia" [84 p. 648]. Pero Merton exagera su punto: en casos importantes (como en algunas de las luchas por la prioridad de Galileo) había en juego más que intereses institucionales: el problema era si el programa de investigación copernicana era progresista o no. (*Desde luego, no todas las disputas por* prioridad tienen pertinencia científica. Por ejemplo, la disputa por la prioridad entre Adams y Leverrier acerca de cuál fue el primero en descubrir Neptuno no tuvo tal pertinencia: lo haya descubierto quien lo haya descubierto, el descubrimiento fortaleció el mismo programa [newtoniano]. En tales casos, bien puede ser cierta la explicación externa de Merton.)

do problemas *externos* para otras historiografías, en problemas internos. Pero ocasionalmente la línea divisoria avanza en la dirección opuesta. Por ejemplo, pudo haber un experimento que fue aceptado *instantáneamente* —a falta de una teoría mejor— como experimento crucial negativo. Para el falsacionista, tal aceptación es parte de la historia interna; para mí, no es racional y hay que explicarla en términos de historia externa.

Nota. La metodología de los programas de investigación fue criticada por Feyerabend y por Kuhn. Según Kuhn: "[Lakatos] debe especificar las normas que pueden emplearse *en el momento dado* para distinguir un programa de investigación degenerativo de uno progresivo, y así por el estilo. De otro modo *no nos ha dicho absolutamente nada.*" En realidad, yo *sí* especifico tales normas. Pero Kuhn probablemente quiso decir que "[mis] normas sólo tienen fuerza práctica si se combinan con un *límite de tiempo* (lo que parece un cambio de problemas degenerativo puede ser el comienzo de un mucho más largo periodo de avance)" [49, p. 215]. Como yo no especifico tal límite de tiempo, Feyerabend concluye que mis normas no son más que "*adornos verbales*". Ciertos puntos relacionados fueron establecidos por Musgrave en una carta que contenía algunas importantes críticas constructivas de una versión anterior en que pedía que yo especificara, por ejemplo, en qué punto la adherencia dogmática a un programa debía explicarse "externamente" y no "internamente".

Permítaseme tratar de explicar por qué tales objeciones no dan en el blanco. Podemos apegarnos racionalmente a un programa degenerativo hasta que sea alcanzado por uno rival, *y aún después*. Lo que *no* debemos hacer es negar su pobre rendimiento

público. Tanto Feyerabend como Kuhn combinan la evaluación *metodológica* de un programa con el primer consejo *heurístico* acerca de qué hacer (*cf. supra*, nota 2). Es perfectamente racional jugar a un juego arriesgado: lo que es irracional es engañarse acerca del riesgo.

Esto no significa tanta licencia como puede parecer para aquellos que se apegan a un programa degenerativo, pues pueden hacer esto, si acaso, sólo en privado. Los directores de publicaciones científicas deben negarse a publicar sus escritos que, en general, contendrán o bien reafirmaciones solemnes de su posición o absorción de contrapruebas (o aun de programas rivales) por adaptaciones lingüísticas *ad hoc*. Y las fundaciones científicas también deben negar sus fondos.[38]

[38] Desde luego, *no* afirmo que tales decisiones, necesariamente, no causan controversias. En esas decisiones también hay que emplear el propio *sentido común*. El sentido *común* (es decir, el juicio en casos *particulares* que no se toma de acuerdo con reglas mecánicas sino que sólo sigue principios generales que dejan cierto *Spielraum*) desempeña un papel en todos los tipos de metodologías no mecánicas. El convencionalista duhemiano necesita sentido común para decidir cuándo un marco teórico se ha vuelto lo bastante oneroso para ser remplazado por otro más "simple". El falsacionista popperiano necesita sentido común para decidir cuándo debe "aceptarse" un enunciado básico, o a qué premisa se debe dirigir el *modus tollens* (*cf.* [50, pp. 106 *ss.*]). Pero ni Duhem ni Popper dan un cheque en blanco al "sentido común". Ofrecen una guía muy definida. El juez duhemiano dirige al jurado del sentido común a ponerse de acuerdo con una simplicidad comparativa; el juez popperiano indica al jurado que busque básicamente y se ponga de acuerdo en enunciados básicos aceptados que choquen con las teorías aceptadas. Mi juez dirige al jurado a ponerse de acuerdo en evaluaciones de los programas de investigación progresivos y degenerativos. Pero, por ejemplo, pueden ser opiniones conflictivas

Estas observaciones también responden a la objeción de Musgrave, separando la adherencia racional y la irracional (o la honrada y la no honrada) a un programa en proceso de degeneración. También arrojan nueva luz sobre la demarcación entre la historia interna y la externa. Muestran que la historia interna es autosuficiente para la presentación de la historia de la ciencia desencarnada, incluyendo los cambios de problemas degenerativos. La historia externa explica por qué algunas personas tienen creencias falsas acerca del progreso científico, y cómo su actividad científica puede ser influida por tales creencias.

5. *La historia interna y la externa*

Hemos analizado brevemente cuatro teorías de la racionalidad del progreso científico, o la lógica del descubrimiento científico. Se ha mostrado cómo cada una de ellas aporta un marco teórico para la reconstrucción racional de la historia de la ciencia.

Así, la historia interna de los *inductivistas* consiste en supuestos descubrimientos de hechos duros y llamadas generalizaciones inductivas. La historia interna de los *convencionalistas* consiste en descubrimientos fácticos y en creación de sistemas de casilleros y su remplazo por otros supuestamente más senci-

acerca de si una afirmación básica aceptada expresa o no un hecho *nuevo*. *Cf.* [50, p. 70].

Aunque es importante llegar a un acuerdo sobre tales veredictos, también debe haber la posibilidad de apelación. En tales apelaciones se cuestiona, articula y critica el sentido común inarticulado. (La crítica hasta puede cambiar, de una crítica de la interpretación del derecho a una crítica del derecho mismo.)

llos.[39] La historia interna de los *falsacionistas* dramatiza las conjeturas audaces, las mejoras que, según se dice, *siempre* aumentan el contenido y, ante todo, los triunfales "experimentos cruciales negativos". La *metodología de los programas de investigación*, por último, subraya la rivalidad teórica y empírica a largo plazo de los grandes programas de investigación, los cambios de problemas, progresistas y degenerativos y la victoria —que surge lentamente— de un programa sobre el otro.

Cada reconstrucción racional produce alguna pauta característica de desarrollo racional del conocimiento científico. Pero todas estas reconstrucciones *normativas* tal vez tengan que ser complementadas por teorías externas *empíricas* para explicar los residuales factores no racionales. La historia de la ciencia siempre es más rica que su reconstrucción racional. *Pero la reconstrucción racional o la historia interna es primaria, y la historia externa sólo secundaria, ya que los problemas más importantes de la historia externa quedan definidos por la historia interna.* La historia externa o bien aporta explicaciones no racionales de la rapidez, la localidad, la selectividad, etc., de los hechos históricos *interpretados* en términos de historia interna; o, cuando la historia difiere de su reconstrucción racional, ofrece una explicación empírica de por qué difiere. Pero el aspecto *racional* del crecimiento científico queda cabalmente explicado por nuestra propia lógica del descubrimiento científico.

[39] La mayoría de los convencionalistas también tiene una capa intermedia inductiva de "leyes" entre hechos y teorías; *cf. supra*, nota 14.

Cualquiera que sea el problema que el historiador de la ciencia desee resolver, antes tendrá que reconstruir la sección pertinente del crecimiento del conocimiento científico objetivo, es decir, la sección pertinente de la "historia interna". Como ya se ha mostrado, lo que para él constituye la historia interna depende de su filosofía, esté consciente de este hecho o no. La mayor parte de las teorías del desarrollo del conocimiento son teorías del desarrollo del conocimiento desencarnado: que sea crucial un experimento o no, que sea sumamente probable una hipótesis a la luz de las pruebas disponibles o no, que sea progresivo un cambio de problemas o no, son cosas que no dependen en lo más mínimo de las creencias, las personalidades o la autoridad del científico. Estos factores subjetivos no son de interés para ninguna historia interna; por ejemplo, el "historiador interno" registra el programa proutiano[40] con su duro núcleo (que los pesos atómicos de los elementos químicos puros son números enteros) y su posible heurístico (derrocar y remplazar las contemporáneas teorías observacionales falsas aplicadas al medir los pesos atómicos). Este programa después se llevó adelante.[41] El historiador interno dedicará

[40] (Lakatos puso a Prout como ejemplo en [50, pp. 138-140]. El "programa proutiano" a partir de 1815 trató de mostrar que todos los pesos atómicos son múltiples integrales del peso del hidrógeno. Véase el artículo VI *infra*, pp. 265-269, comp.)

[41] La proposición "el programa proutiano se llevó a cabo" parece una proposición "fáctica". Pero no existen proposiciones "fácticas": la frase sólo entró en el lenguaje ordinario procedente del empirismo dogmático. Las *proposiciones "facticas" científicas* están cargadas de teoría: las teorías en cuestión son "teorías observacionales".

poco tiempo a la *creencia* de Prout de que si las "técnicas experimentales" *de su época* fueron "cuidadosamente" aplicadas, y los descubrimientos experimentales adecuadamente interpretados, las anomalías serán *inmediatamente* vistas como simples ilusiones. El historiador interno considerará el hecho histórico como un hecho en el segundo mundo que sólo es una caricatura de su equivalente en el tercer mundo.[42] *Por qué* surgen tales caricaturas es cosa que no le interesa; podría —en una nota de pie de página— pasar al externalista el problema de por qué ciertos científicos tuvieron "falsas creencias" acerca de lo que estaban haciendo.[43]

Así, al interpretar la historia interna el historiador

También las *proposiciones "fácticas" historiográficas* están cargadas de teoría: las teorías en cuestión son teorías metodológicas. En la decisión acerca del valor de verdad de la proposición "fáctica": "el programa proutiano se llevó a cabo", participan dos teorías metodológicas. Primera, la teoría de que las unidades de la evaluación científica son programas de investigación; segunda, alguna teoría *específica* de cómo juzgar si un programa "en realidad" se llevó a cabo. Por todas estas consideraciones, un historiador interno popperiano no necesita tomar ningún interés en las *personas* en cuestión, ni en sus creencias acerca de sus propias actividades.

[42] El "primer mundo" es el de la materia, el "segundo" el mundo de los sentimientos, las creencias, la conciencia, el "tercero" el mundo del conocimiento objetivo, articulado en proposiciones. Ésta es una tricotomía antiquísima y de vital importancia; su más sobresaliente partidario contemporáneo es Popper [45, caps. 3, 4].

[43] Desde luego, lo que en este contexto constituye una "falsa creencia" (o "falsa conciencia") depende de la teoría de racionalidad del crítico. Pero ninguna teoría de racionalidad podrá nunca conducir a una "verdadera conciencia".

será sumamente selectivo; omitirá todo lo que sea irracional a la luz de su teoría de la racionalidad. Pero esta selección normativa aún no constituye una reconstrucción racional completa. Por ejemplo, Prout nunca articuló el "programa proutiano"; el programa proutiano no es el programa de Prout. *No es sólo el éxito ("interno") o el fracaso ("interno") de un programa el que sólo puede juzgarse con sabiduría retrospectiva: también es frecuentemente su contenido.* La historia interna no sólo es una *selección* de hechos metodológicamente interpretados: en ocasiones puede ser su *versión radicalmente mejorada.* Podemos ilustrar esto mediante el programa bohriano. Bohr, en 1913, acaso no hubiese pensado siquiera en la posibilidad del espín del electrón. Ya tenía de sobra en sus manos sin el espín. No obstante, el historiador, describiendo en retrospectiva el programa bohriano, debe incluir el espín del electrón en él, ya que éste embona naturalmente en el esbozo original del programa. Bohr habría podido remitirse a *él en 1913.* ¿Por qué no lo hizo? Tal es un problema interesante que merece ser indicado en una nota de pie de página.[44] (Tales problemas pueden resolverse, entonces, internamente, indicando las razones racionales en el desarrollo del objetivo, el conocimiento impersonal; o externamente, señalando causas psicológicas en el desarrollo de las creencias personales de Bohr.)

[44] Si la publicación del programa de Bohr se hubiese retrasado unos cuantos años, mayores especulaciones hasta habrían conducido al problema del giro sin la previa observación del anómalo efecto de Zeeman. En realidad, Compton planteó el problema en el contexto del programa bohriano en 1919.

Una manera de indicar las discrepancias entre la historia y su reconstrucción racional es relatar la historia interna *en el texto*, e indicar *en las notas* cómo la verdadera historia "se portó mal" a la luz de su reconstrucción racional.[45]

Muchos historiadores aborrecerán la idea de *cualquier* reconstrucción racional. Citarán a Lord Bolingbroke: "La historia es enseñar filosofía mediante el ejemplo." Dirán que antes de filosofar "necesitamos muchos ejemplos más".[46] Pero tal teoría inductivista de la historiografía es utópica.[47] *La historia sin*

[45] Yo apliqué por primera vez este recurso exposicional en [48]; volví a emplearlo al dar una cuenta detallada de los programas proutiano y bohriano; *cf. supra*, nota 40. Esta práctica fue criticada en la conferencia de Minneápolis de 1969 por algunos historiadores. Por ejemplo, McMullin afirmó que esta presentación puede iluminar una *metodología*, pero ciertamente no la verdadera *historia*: el texto dice al lector lo que habría debido ocurrir y las notas lo que en realidad ocurrió (*cf.* McMullin [29]). La crítica de *mi* exposición, por Kuhn, corrió en esencia a lo largo de los mismos lineamientos: le pareció que era una exposición específicamente *filosófica*: "Un historiador no habría incluido *en su relato* un informe fáctico que sabía que era falso. De haberlo hecho, habría sido tan sensible a la ofensa que no habría podido, concebiblemente, componer una nota de pie de página en que llamara la atención hacia ella" (*cf.* [49, p. 256]).

[46] *Cf.* L. Pearce Williams en [49].

[47] Tal vez deba yo subrayar la diferencia entre la *historiografía inductivista de la ciencia*, por una parte, según la cual la *ciencia* procede por medio del descubrimiento de hechos duros (en la naturaleza) y (posiblemente) por generalizaciones inductivas y, por otra parte, la *teoría inductivista de la historiografía de la ciencia*, según la cual la *historiografía de la ciencia* procede por medio del descubrimiento de hechos duros (en la historia de la ciencia) y (posiblemente) generalizaciones inductivas. "Conjeturas

alguna "tendencia" teórica es imposible.[48] Algunos historiadores buscan el descubrimiento de hechos duros, generalizaciones inductivas; otros, teorías audaces y experimentos negativos cruciales; otros más, grandes simplificaciones o los cambios de problemas progresivos y degenerativos; todos ellos tienen *alguna* "tendencia" teórica. Desde luego, esta tendencia puede ser oscurecida por una variación ecléctica de teorías o por confusión teórica: pero ni el eclecticismo ni la confusión equivalen a una visión ateórica. Lo que un historiador considera como un problema externo es, a menudo, una excelente guía de su metodología implícita: algunos preguntarán por qué un "hecho duro" o una "teoría audaz" fueron descubiertos exactamente cuando y donde se hizo en realidad el descubrimiento; otros preguntarán por qué un "cambio de problema degenerativo" pudo alcanzar mayor aceptación popular sobre un periodo increíblemente largo o por qué un "cambio de problema progresivo" fue dejado "irrazonablemente" sin reconocimiento.[49] Se han dedicado largos textos al problema de si y por qué el surgimiento de la ciencia fue asunto puramente europeo; pero tal inves-

audaces", "cruciales experimentos negativos" y hasta "programas de investigación progresivos y degenerativos" pueden ser considerados como "duros hechos históricos" por algunos historiógrafos inductivistas. Una de las flaquezas de Agassi [54] es que no subrayó esta distinción entre el inductivismo científico y el historiográfico.

[48] *Cf.* Popper [43, sec. 31].

[49] Esta tesis implica que carece de valor la obra de los "externalistas" (en su mayor parte "tendenciosos sociólogos de la ciencia") que afirman dedicarse a la historia social y a alguna disciplina científica sin haber dominado la disciplina misma y su historia interna.

tigación está destinada a quedar como pieza de confusa manipulación hasta que definamos claramente la "ciencia", de acuerdo con alguna normativa filosofía de la ciencia. Uno de los problemas más interesantes de la historia externa consiste en especificar las condiciones psicológicas y, de hecho, sociales que son necesarias (pero, desde luego, nunca suficientes) para hacer posible el progreso científico. Pero en la formulación misma de este problema "externo" tiene que entrar *alguna* teoría metodológica, *alguna* definición de ciencia. La historia de la *ciencia* es una historia de hechos que son seleccionados e interpretados de manera normativa.[50] Siendo esto así, adquiere la máxima importancia el hasta hoy olvidado problema de evaluar lógicas rivales del descubrimiento científico y, por tanto, reconstrucciones rivales de la historia.

[50] Por desgracia, sólo hay una palabra en la mayoría de los idiomas para denotar la historia_1 (el conjunto de los hechos históricos) y la historia_2 (un conjunto de proposiciones históricas). Cualquier historia_2 es una reconstrucción cargada de teoría y de valor, de la historia_1.

(*Este documento continúa con la parte 2*, "Comparación crítica de *metodologías*: la historia como prueba de su reconstrucción racional" [51, *i*, pp. 121-138].)

VI. LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA SEGÚN LAKATOS*

IAN HACKING

EL PROBLEMA DE LEER A IMRE LAKATOS

IMRE LAKATOS esperaba escribir un libro intitulado *La lógica cambiante del descubrimiento científico* (título que imitaba *La lógica del descubrimiento científico* [40] de Popper). Afirmó que su libro era "de próxima aparición", pero, según dijeron sus editores, nunca pudo comenzarlo. Hoy existe una verdadera necesidad de inventar un libro maestro que ubique lo que estaba haciendo en el material que sí publicó.

Esto no porque Imre Lakatos no diga lo que se propone. Siempre está diciéndolo, y constantemente poniendo su obra dentro de su visión de la historia de la filosofía. Pero nos encontramos ante el espectáculo, nada insólito, de un escritor cuya colocación de sí mismo no siempre nos ayuda. Si leemos sus escritos como vienen, nos encontramos con un cuerpo de doctrina que resulta entretenida, pero colectivamente no muy coherente. Hay cierta sensación de paradoja: por una parte, esta filosofía

* Fragmentos, con revisiones, de "Imre Lakatos's Philosophy of Science" en el *British Journal for the Philosophy of Science*, 30, 1979, pp. 381-410. Con autorización del autor. (Crítica de [51].)

es de primera magnitud, y sin embargo, el lector sincero con intereses históricos casi no puede evitar exclamaciones como: "Parodia histórica que nos pone los pelos de punta" [75, p. 106]. El filósofo se encontrará desconcertado por una "metodología" que parece rechazar todo método, por un concepto de "racionalidad" que suprime la idea misma de "ser una razón para". El científico activo encuentra un concepto clave de "programa de investigación" que excluye casi todos los programas de investigación de la vida real.

Nuestro problema es, por consiguiente, encontrar algún problema y alguna estrategia subyacentes que expliquen de qué manera la superficie cintilante pero a veces absurda de los escritos de Lakatos cubre una contribución fundamental a la filosofía del conocimiento.

Dos públicos

Lakatos huyó de Hungría cuando era un hombre de mediana edad, y llegó a Inglaterra, donde emprendió el estudio de la filosofía. Con fines de exposición, sólo vale la pena notar que un filósofo emigrado puede, muy naturalmente, tener alguien escuchándolo sobre cada hombro, y al dirigirse sin darse cuenta a ambos no poner en claro lo que está diciendo a cada uno. Sobre uno de sus hombros hay una concepción radicalmente hegeliana y un tanto húngara de los hechos de la filosofía moderna, un cuerpo de concepciones históricas que Lakatos da por sentado, y casi no menciona. Sobre el otro hombro están los ingleses, cuyos valores científicos son precisamente lo que desea Lakatos, por muy igno-

rante y provinciana que sea la filosofía que corre a lo largo de ellos.

Por ejemplo, la moderna filosofía inglesa ha abrazado un concepto de verdad como representación de la realidad. A esto ha anexado varios valores de objetividad, comunicación y discusión con el adversario. A Lakatos le gustaría autorizar estos valores sin la filosofía asociada a ellos. En su lado de la Europa central, las teorías representacionales de verdad acabaron para siempre con Kant. El único filósofo postcrítico inglés para quien Lakatos siempre tiene una palabra de elogio es William Whewell, filósofo de la ciencia, del siglo XIX. Esto nos ofrece una comparación útil. Whewell había, a la vez, dominado a Kant, y se había imbuido del historicismo, y sin embargo, trató de mantener lo que en forma común es correcto en las ciencias inductivas. "La antítesis fundamental de la filosofía", escribió Whewell, queda indicada por "los términos *subjetivo* y *objetivo*" [46, I, p. 29]. *El problema de Lakatos es ofrecer una teoría de objetividad sin una teoría de representación de la verdad.*

El desarrollo del conocimiento

El único punto fijo en la empresa de Lakatos es el sencillo hecho de que el conocimiento se desarrolla. Sobre esto trata de edificar su filosofía sin ningún representacionalismo, partiendo del hecho de que podemos *ver* crecer tal conocimiento *pensemos lo que pensemos* de la "verdad" o la "realidad". Deben notarse cuatro aspectos interrelacionados de este hecho.

Primero, podemos ver por inspección directa que el conocimiento ha crecido. Ésta no es una lección que deba enseñarse mediante filosofía general o historia sino por lectura detallada de secuencias específicas de textos. Leed el material que queda atrás [48], es decir, leed la labor matemática que brota de la conjetura de Euler acerca de los poliedros. No cabe duda de que hoy se sabe más que lo que fue captado por el genio de Euler. O, para tomar un ejemplo de la metodología de los escritos sobre programas de investigación: es igualmente manifiesto que después de la obra de Rutherford y Soddy y el descubrimiento de los isótopos se supo mucho más de los pesos atómicos de lo que fue soñado por un siglo de investigadores después de que Prout aventuró en 1815 la hipótesis de que el hidrógeno es la materia del universo, y que los pesos atómicos son múltiplos integrales del hidrógeno. Planteo este punto trivial para recordarnos a nosotros mismos que sí hay un punto trivial que es el punto de partida de la obra de Lakatos. *El punto no es que existe el conocimiento sino que existe el desarrollo*; sabemos más acerca de poliedros o de pesos atómicos que lo que sabíamos antes, aun si los tiempos futuros nos hunden en una nueva y extendida reconceptualización de aquellos dominios.

En segundo lugar, no se puede discutir que ciertos casos muestran el desarrollo del conocimiento. Lo necesario es un análisis que diga en qué consiste este desarrollo, y nos diga qué más es desarrollo y qué no lo es. Tal vez haya personas que piensen que el desarrollo a partir de Euler o el descubrimiento de los isótopos no es un crecimiento, pero no discutiremos con ellas. Probablemente son ociosas y nunca

han leído los textos que exhiben el crecimiento (o tal vez piensen que estamos afirmando que hay cierto conocimiento aquí, y no sólo un desarrollo del conocimiento).

En tercer lugar, el desarrollo del conocimiento ofrecerá una demarcación entre actividad "racional" e "irracionalismo". Lakatos trata de introducir un cambio radical en la concepción de la racionalidad; por el momento, nótese el cambio a partir del problema de demarcación de Popper de hace cincuenta años. Popper llegó a una división implícita en ciencia, metafísica y basura. La metafísica es la más seria especulación que algún día podrá conducir a una ciencia positiva. Los positivistas lógicos dicen que hay ciencia contra metafísica-basura, pero Popper tenía en mente un conjunto mejor de distinciones, ilustrado por el hecho de que la basura se ha organizado ahora como algo aparte de la metafísica especulativa. Lakatos está dispuesto ahora a unir la metafísica que se convierte en ciencia al lado de la ciencia misma, porque es parte del desarrollo general del conocimiento que le interesa. Así, la metafísica y la ciencia se enfrentan a la basura.

Los tres primeros puntos que yo atribuyo a Lakatos están íntimamente conectados: *i*) podemos ver directamente, en casos particulares, que hay un crecimiento del conocimiento; *ii*) esto no se arguye sino que se analiza; *iii*) el análisis invita a hacer una demarcación entre la actividad fomentadora del conocimiento "racional" e "irracionalidad". Mi cuarto punto es que los tres precedentes son guiados por consideraciones internas acerca de la historia del conocimiento y no dependen de ninguna teoría de la verdad. La actitud común entre los angloparlantes

es que el conocimiento está creciendo bien si estamos recibiendo más de la verdad. No sólo es que algunos de nosotros definimos el conocimiento como creencia verdadera y justificada sino que la verdad es considerada como fija, mientras que el conocimiento se define como aquello que tiende a esta verdad pre-existente. Por tanto, en la filosofía inglesa, el conocimiento debe caracterizarse externamente por lo bien que represente a la realidad. Y esto, exactamente, no es aquello en que se interesa ante todo Lakatos. Es un punto que requiere elaboración. Para hacerlo, es útil recurrir a una historia ya tradicional muy similar a aquello de que tanto gustaba él, pero con una materia y una moraleja distintas de sus cuentos de "justificacionismo degenerativo", etcétera.

Objetividad y subjetivismo

Kant acabó con el concepto de que para que una proposición sea cierta debe representar alguna otra cosa. Así ejemplificó el nacimiento de un nuevo problema que se abrió paso a través de la filosofía del siglo XIX: ¿cómo hemos de distinguir lo objetivo de lo simplemente subjetivo, si no se nos permite decir qué verdad objetiva representa? Como quedó implícito en la "Antítesis fundamental" de Whewell, objetivismo y subjetivismo forman la problemática de tiempos más modernos. El objetivista no está contra la verdad de la realidad, pero necesita algún sustituto que conserve sus valores sin su *ingenuidad* precrítica.

Dos filósofos de hace un siglo, Friedrich Nietzsche y C. S. Peirce, ilustran convenientemente este nexo.

El primero nos dice cómo el verdadero mundo se convirtió en fábula. Un aforismo de *El crepúsculo de los ídolos* (¡los "ídolos" de Bacon!) comienza con el "verdadero mundo" de Platón, "alcanzable para el sabio, el santo y el hombre virtuoso". Con Kant, llegamos a algo "elusivo, pálido, nórdico, königsberguiano". Llega entonces Zaratustra con su extraña semblanza de subjetivismo. Pero tal no es la única ruta poscrítica. Peirce trató de reemplazar la verdad por el método. La verdad es lo que se encuentra en el extremo entregado a una comunidad de investigadores que persiguen cierto fin y de cierta manera. Varios aspectos de la filosofía de Peirce, especialmente el falibilismo y la epistemología evolutiva, hoy han sido ampliamente comparadas con Popper. Pero las grandes novedades del pensamiento de Peirce rara vez se recuerdan; la idea de que el hombre es el lenguaje, que el mundo no es determinista y que hay *un sustituto objetivo de la verdad, que puede encontrarse en la metodología.* Habermas tal vez haya hecho la mejor crítica de la última de las tres porque para él es importante mostrar que la ciencia positiva no tiene un sustituto para la verdad y "por tanto", una pretensión exclusiva sobre nosotros [88, cap. 4]. Yo considero que la metodología de Lakatos es una versión refinada e historizada de la lógica de la investigación, de Peirce. Desde luego, esto no es atribuir a Peirce las novedades de Lakatos sobre historia interna, programa de investigación, heurística, etcétera. Pero ambos escritores comparten el objetivo post-kantiano de remplazar la representación por la metodología.

La metodología

"Metodología" significa la ciencia del método. Esperamos que nos dé indicaciones acerca de qué métodos emplear para alcanzar algún fin. Debe ser una clasificación de técnicas, que mire siempre hacia adelante, que estudie la elección entre procedimientos y curso de acción en competencia para el futuro. A veces, Lakatos emplea la palabra en este su sentido propio. Su metodología de los programas de investigación enseña que "debemos tratar con benignidad los programas nacientes; los programas pueden necesitar décadas antes de despegar y volverse empíricamente progresivos" [51, *i*, p. 6]. Ésta es una agradable generosidad y apertura de criterio, pero no es nuevo. Lakatos también parece emplear la palabra "metodología" como nombre de su filosofía de la ciencia, donde la metodología literal que yo he citado sólo es un corolario. Lo que llama "metodología" es algo que mira hacia atrás. Es una teoría para caracterizar casos verdaderos de desarrollo del conocimiento y distinguirlos de todo impostor. Tampoco se afirma que con suficiente sabiduría retrospectiva podemos pasar a una visión prospectiva, que adivine "inductivamente" si un programa progresivo, ya conocido, seguirá progresando. La metodología simplemente mira hacia atrás.

Lakatos cambia la "metodología" pero lleva la "racionalidad" aún más lejos de toda aceptación común. Puede ser difícil comprender cuán radicales son sus afirmaciones. Frecuentemente dice que está expulsando la "racionalidad instantánea". En particular, está contra la idea de que los experimentos cruciales pueden decidir, en un momento, entre teo-

rías en competencia. Tal opinión es, hoy, bastante común. Además, está suprimiendo todo el proyecto filosófico de tratar de analizar "siendo una buena razón para". Considérense los ejemplos recientes predilectos de Lakatos. Carnap esperaba que pudiese analizar las buenas razones como grado de probabilidad. La buena razón para una hipótesis, pensó Carnap, es una probabilidad a la luz de la evidencia. Popper pensó que ninguna probabilidad objetiva podría con tal tarea y ofreció, en cambio, el procedimiento de conjetura y refutación. Las hipótesis están bien corroboradas cuando han sobrevivido a pruebas difíciles y "bien corroborado" debe ocupar el lugar de la frase "teniendo una buena razón para", aun si los detalles particulares de evidencias revelados por las pruebas no son, en sí mismos, las buenas razones. Como muchos filósofos precedentes de esta tradición, Carnap y Popper trataron de darnos un concepto de "buena razón" o sustituto de ella que pudiésemos emplear *ahora* al evaluar hipótesis, con objeto de emplearlas en el futuro inmediato.

Lakatos remplaza todo esto por una teoría en favor de examinar y evaluar secuencias pasadas de teorías para ver si son degenerativas o progresivas. La teoría degenerativa es la teoría que gradualmente va cerrándose en sí misma. Para tomar un ejemplo, que yo debo a Codell Carter, en los primeros años de este siglo el más célebre profesor de enfermedades tropicales, Patrick Manson, persistió en tratar de describir el beriberi y algunas otras enfermedades y deficiencias como casos de contagio bacterial. Cuando todo lo demás hubo fallado, y empezábamos a saber que el beriberi era causado

por falta de algo como consecuencia de pulir el arroz, Manson dijo que había escarabajos que vivían y morían en el arroz pulido que eran la causa del beriberi. Hipótesis auxiliares continuamente están cerrando y excluyendo contraejemplos mediante recursos peculiares, mientras que el programa progresivo responde a los mismos ejemplos con poderosas predicciones nuevas, algunas de las cuales resultan ciertas. Pero sólo *a posteriori* podemos saber cuál es progresiva y cuál es degenerativa.

No estoy ahora contra el concepto de la racionalidad retroactiva. Pienso que da buen sentido a cuestiones ininteligibles en otros aspectos. Un ejemplo es el hecho indudable, que pocos se atrevieron a acentuar antes de Lakatos, de que "la mayoría de las teorías nacen refutadas". Así, ni aun la congruencia con los hechos conocidos es buena guía para el uso futuro de una teoría. Un punto más familiar nos lo ofrecen los experimentos cruciales. Muchos sabios hoy convienen en que los experimentos pueden parecer cruciales en retrospectiva, pero pocas veces lo son en el momento de su primera realización. Lakatos dice que una teoría triunfa sobre otra sólo después de un prolongado periodo de progresión opuesta a degeneración; un experimento crucial señala el principio del fin, pero sólo puede verse así mucho después.

Lakatos también dio al menos cierto sentido a un antiguo debate que por lo demás era ininteligible. Muchos científicos activos quedan inmensamente impresionados cuando una teoría predice fenómenos antes de la teoría. Un numeroso grupo de pensadores, que incluye a Mill y a Keynes, ha insistido en que ésta es una ilusión. Lo que importa para una

teoría, afirman, es su capacidad de explicar los hechos, y no importa si los hechos fueron descubiertos antes o después de la teoría. Lakatos adopta el bando de Whewell contra el de Mill, pero no da razones. Antes bien, hace verdadero por definición que lo que importa para una teoría es su capacidad de predecir hechos nuevos; pues eso es lo que llega a significar "progresivo" a saber, "el requerimiento de Leibniz-Whewell-Popper de que *la construcción bien planeada de casilleros debe proceder más rápidamente que el registro de los hechos que serán albergados en ellos*" [50, p. 188].

"Mientras se satisfaga este requerimiento —continúa— no importa si subrayamos el aspecto 'instrumental' de los programas de investigación imaginativos. . . o si subrayamos el enfoque putativo" a la verdad. Así, piensa que esto combina los mejores elementos de "voluntarismo, pragmatismo y las teorías realistas del crecimiento empírico". Esto puede ser engañoso, pues sugiere que está filtrando los elementos deseables de varios depósitos de sabiduría. Verdaderamente, éstas son las palabras de alguien que considera vanas las disputas entre realista e idealista.

Evaluación de las teorías científicas

A Lakatos le interesa la demarcación de la ciencia. Su metodología es normativa en que puede decir, de algunos pasados episodios de la ciencia, que no debieron seguir tal camino. Pero su filosofía no nos da una evaluación que mire hacia adelante de las actuales teorías científicas en competencia. Si acaso, hay

unas cuantas indicaciones que podemos derivar de su "metodología". Dice que debemos ser modestos en nuestras esperanzas para nuestros propios proyectos porque los programas rivales tal vez tengan la última palabra. Hay lugar para el empecinamiento cuando un programa nuestro está pasando por una prueba difícil. Los lemas deben ser proliferación de las teorías, benignidad en la evaluación y "llevar honradamente la anotación" para ver qué programa está produciendo resultados y satisfaciendo nuevos desafíos. Esto no es tanto una verdadera metodología cuanto una lista de los valores supuestamente "ingleses" en la ciencia.

Si Lakatos se dedicara a la apreciación de teorías, entonces yo tendría que convenir con su más pintoresco crítico, Paul Feyerabend. El principal empuje de los asaltos, a menudo muy agudos, contra Lakatos se encuentra en *Contra el método* [67], y es que la "Metodología", de Lakatos no es buen recurso para evaluar el trabajo científico que está realizándose. Convengo en ello, pero supongo que nunca fue tal el punto del análisis que, según afirmo, tiene un objeto más radical. Desde luego, no niego que Lakatos no tenía pelos en la lengua; en cambio, sí tenía opiniones empecinadas y poca modestia. Así, hizo observaciones muy entretenidas acerca de este o aquel proyecto de investigación, pero estos "apartes" sarcásticos fueron incidentales e independientes de la filosofía que yo le atribuyo. ¿Es un defecto de la metodología de Lakatos el ser sólo retroactiva? A mi parecer, no. No hay leyes generales importantes acerca de lo que, en una pieza de investigación actual, presagia algo bueno para el futuro. Sólo existen truismos. Un grupo de trabajadores que sólo

tiene una buena idea a menudo pasa al menos unos cuantos años más, aplicándola fructíferamente. Tales grupos reciben mucho dinero de grandes fundaciones. Hay otras modestas inducciones sociológicas, por ejemplo, que cuando más preocupado está un grupo por defenderse de las críticas, no se atreve a lanzarse sobre una nueva rama, y rara vez producirá entonces nuevos resultados interesantes. Pero eso no tiene nada que ver con filosofía. Hay una moda actual de lo que Lakatos habría llamado "el nuevo justificacionismo". Produce libros enteros, tratando de mostrar que puede levantarse todo un sistema de apreciación de teorías sobre tales reglas aproximativas. Y hasta se ha sugerido que las fundaciones debieran patrocinar semejante labor sobre filosofía de la ciencia para aprender cómo patrocinar otros proyectos. No debemos confundir tales productos de la burocracia con el intento de Lakatos por comprender el contenido del juicio objetivo en la ciencia.

La heurística

El término de Whewell "heurística", en el sentido de arte del descubrimiento, no está lejos de lo que comúnmente queremos decir por "metodología". Las dos palabras parecieron intercambiables una vez en la propia obra de Lakatos. La heurística es una teoría de encontrar, de aconsejar "cómo resolverlo". En cuestión de heurística, Lakatos fue discípulo reconocido de su paisano Georg Polya y tal vez hasta tuviese esperanzas de encontrar un cuerpo de técnicas de descubrimiento que fuese neutral en cuestión teórica. Hay algo de esto en sus *Pruebas y re-*

futaciones [48]. Allí se nos enseña que cuando una prueba putativa admite contraejemplos, no debemos excluir los ejemplos como monstruos, restringiendo así el dominio de la teoría. En cambio, debemos tratar de encontrar un "lema oculto" tras la prueba, que explicará la existencia de los contraejemplos. El mejor resultado es un nuevo teorema que no sólo explica por qué hay contraejemplos sino que los asimila como casos especiales del teorema. Semejante revisión global de un teorema podría llevarnos hasta nuevas clases de ejemplos a los que pueda aplicarse la prueba.

Nótese cómo estos rasgos de la heurística matemática se transfieren a la metodología de los programas de investigación. Los procedimientos recomendados para hacer avanzar las matemáticas se convierten en marca del programa progresivo, en oposición al degenerativo. Así, lo que era heurístico se torna hoy parte de la metodología reaccionaria, y en la obra posterior de Lakatos "heurístico" deja de referirse a una colección de estrategias, neutral en el aspecto teórico. En cambio, cada programa de investigación en particular queda definido por dos elementos: el duro núcleo de proposiciones consideradas centrales para una teoría y una acompañante "heurística", que nos detalla cómo esta teoría debe relacionarse con sus anomalías.

Veo así que la actitud de Lakatos evoluciona de esta manera. Una vez que tuvo que haber una heurística-metodología, miraba hacia el futuro diciéndonos cómo llevar adelante el trabajo, "cómo resolverlo". Esto se escindió en dos cosas. Primero y ante todo está la metodología, manera reaccionaria de caracterizar la esencia del crecimiento del conocimiento.

Además, cada programa de investigación —cada unidad para la evaluación como crecimiento del conocimiento— tiene su propia "heurística" que mira hacia adelante. Pero, dejando al margen unas cuantas máximas no específicas acerca de la proliferación de programas, de la modestia y el empecinamiento, ya no hay ninguna heurística de índole general. Se han abandonado la lógica de la justificación y la lógica del descubrimiento en favor de una teoría global de la objetividad que adopta muchas estrategias locales para descubrir dominios específicos. La consideración de [48] nos ayuda a ver cómo ocurrió esto. Euler probó una relación entre el número de límites, vértices y caras de los poliedros. El diálogo de Lakatos sobre este teorema es una realización filosófica y literaria de la misma estatura de la de Hume sobre religión natural o la de Berkeley sobre Hylas y Philonous.

Ahora, un blanco bastante constante del diálogo es el "programa euclidiano" de hacer que todo sea cierto e infalible. Se nos dice que a la postre lograremos hacer esto, pero de manera extraña. La discusión crítica puede permitir a una conjetura evolucionar hasta ser una verdad lógica. En el principio, el teorema de Euler fue falso; al final es cierto porque hemos llegado a formular un concepto del poliedro que lo hace verdad. El teorema ha sido "analitificado". Y sin embargo, hacerlo verdad por convención no fue cuestión de un *fiat*, sino producto de un análisis refinado. Esta doctrina de la analitificación tiene consecuencias perturbadoras. El platónico no puede recibir con agrado una idea que hace que la verdad de la proposición sea, a la postre, algo ya empotrado en los

cánones del lenguaje matemático, donde las Ideas son despojadas de su dignidad. Ya no son lo que hace ciertas a las matemáticas, ni siquiera la materia de las matemáticas. Y sin embargo, el nominalista se siente igualmente desconcertado, pues aun si terminamos con la verdad por convención, la convención parece estar organizando una "realidad" que no tiene nada que ver con palabras.

La resolución de esta tensión por Lakatos queda insinuada por su término "casi empírico" empleado para indicar la interrelación de generalización y ejemplo que, según Lakatos, es parte esencial de la actividad matemática. Hay algo empírico, al menos esto: la producción de ejemplos instructivos. Pero los ejemplos no son experimentos literalmente. Una imagen de un poliedro en forma de estrella hasta podría ser mejor argumento contra la conjetura de Euler que un auténtico poliedro en forma de estrella, mientras que no consideramos que la evidencia experimental funcione así. Y sin embargo, cuanto más llegó Lakatos a dudar de la distinción teoría-observación del lado de las ciencias físicas, más tentador fue comparar la ciencia natural con la actividad matemática. Esto no es decir que la comparación es sencilla, porque, por ejemplo, ¿qué hace que las proposiciones de aritmética elemental sean análogas a "enunciados básicos"? ¿Qué distingue los ejemplos de poliedros que son contraejemplos vitales de una prueba originalmente conjeturada? Pienso yo que la respuesta buscada es "sólo metodología", y en particular el tipo de progreso de Lakatos, que en *Pruebas y refutaciones* aún era "heurístico", y que después aporta el mismo tipo de canon de objetividad que encontramos en las ciencias físicas.

La enajenación y el tercer mundo

Una primera pregunta (pero no necesariamente importante) en la filosofía de las matemáticas es si la verdad matemática es una construcción humana o una realidad extrahumana. Ésta es la ruptura fundamental entre platonismo y nominalismo, y caracteriza también muchos otros "ismos". Tal vez la cuestión dependa de un erróneo dualismo entre mentalidades subjetivas por una parte y, por la otra, cosas de las que las mentes pueden tener un conocimiento. Una manera de librarse de este dualismo en las ciencias naturales y matemáticas, por igual, es tratar de hacer algo con la idea de Popper de un "tercer mundo" [45]. Poco nos dice Lakatos acerca de esto, pero sí aparecen referencias, más frecuentemente con el paso del tiempo, y la idea siempre es citada en términos favorables. Ya aparece barruntada en un curioso panegírico hegeliano:

> La actividad matemática es actividad humana. Ciertos aspectos de esta actividad —como de cualquier actividad humana— pueden ser estudiados por la psicología y otros por la historia. La heurística no está básicamente interesada en estos aspectos. Pero la actividad matemática produce matemáticas. Las matemáticas, este producto de la actividad humana, "se enajenan" de la actividad humana que ha estado produciéndolas. Se convierten en un organismo vivo, creciente, que *adquiere cierta autonomía* de la actividad que lo ha producido... [48, p. 146].

Tenemos aquí las semillas de lo que después llegó a ser la redefinición de la "historia interna" por Lakatos, doctrina subyacente en sus "reconstruccio-

nes racionales", y también su atracción hacia el "tercer mundo" de Popper. Una de las lecciones es que las matemáticas pueden ser un producto de la actividad humana y a la vez autónomas, con su propia caracterización interna de objetividad que puede analizarse en función de cómo ha crecido el conocimiento matemático.

La metáfora de un "tercer mundo" de Popper puede ser desconcertante, pero la idea básica es clara aun para quienes carecen de una preparación hegeliana. Es una variación del emergentismo, doctrina injustamente desacreditada del siglo XIX. En la definición de Lakatos, "el primer mundo" es el mundo físico; el "segundo mundo" es el mundo de la conciencia, de los estados mentales y, en particular, de las creencias; el "tercer mundo" es el mundo platónico del espíritu objetivo, el mundo de las ideas (*supra*, p. 238). Yo prefiero aquellos textos de Popper en que dice que el tercer mundo es un mundo de libros y periódicos apilados en bibliotecas, de diagramas, cuadros y memorias computarizadas. Introducir el espíritu platónico resulta enormemente confuso, pues el tercer mundo tiene poco que ver con Platón o con el platonismo; en realidad, es mejor hacer una descripción del tercer mundo en términos nominalistas de frases realmente proferidas y organizadas en teorías, problemas y similares.

Presentado como lista de tres mundos, aún tenemos un misterio que hace que algunos lectores empiecen a discutir de "ontología". Planteado como secuencia de tres tipos nacientes de entidad con sus correspondientes leyes, resulta menos desconcertante. Primero, estaba el mundo físico. Cuando unos seres

sensibles y reflexivos brotaron de tal mundo físico hubo entonces un segundo mundo cuyas descripciones no es posible reducir, de ninguna manera, a descripciones del mundo físico. Aunque a ningún filósofo le gustará la comparación, la teoría de los acontecimientos mentales, de Davidson, y el primer y segundo mundo de Popper me parecen muy cercanos uno del otro. Cada acontecimiento mental es ocurrencia de acontecimientos físicos, pero de un tipo de acontecimiento a otro tipo de acontecimiento no hay reducción de descripciones de uno a descripciones del otro.

El tercer mundo de Popper es más conjetural. Su idea es que existe un dominio del conocimiento humano que está sujeto a sus propias descripciones y leyes y que no es posible reducir a acontecimientos del segundo mundo (tipo por tipo) así como los acontecimientos del segundo mundo no se pueden reducir a los del primer mundo. Lakatos persiste en la expresión metafórica de esta idea: "Los *productos* del conocimiento humano, proposiciones, teorías, sistemas de teorías, problemas, cambios de problemas, programas de investigación viven y crecen en el 'tercer mundo'; los *productores* de conocimiento viven en los mundos primero y segundo" [51, *ii*, p. 109]. No es necesario ser tan metafóricos. Es cuestión difícil pero recta saber si hay un cuerpo extensivo y coherente de descripción de conocimiento humano "enajenado" y autónomo que no sea posible reducir a historias y psicologías de creencias subjetivas. Una versión confirmada de una teoría de "tercer mundo" puede aportar el dominio para el contenido de las matemáticas. Reconoce que las matemáticas son un producto

creer que hay un tercer mundo y, en segundo lugar, si semejantes "reconstrucciones normativas" pueden, en realidad, llamarse historia.

Esas preguntas son de diferentes magnitudes, y sólo a una de ellas podemos dar respuesta ahora. Habremos de aguardar y ver si resulta legítimo hablar de un tercer mundo. En la actualidad, tan sólo es una sugestión ingeniosa; pasará largo tiempo antes de que tengamos ante nosotros una verdad irreductible acerca del crecimiento del conocimiento para justificar este ejemplo de emergentismo. Por cuanto a la otra pregunta (si las reconstrucciones normativas son historias) la respuesta será un cauteloso "sí". Pero sólo son historia aplicada: el pasado aplicado a la solución de un problema filosófico. La historia de la ciencia ha de recibir con agrado el momento ecuménico permitiendo florecer a cien historias. No hay razón para aceptar la máxima del propio Lakatos, de que es ciega la historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia (*supra*, p. 204). En el peor de los casos, para citar a Kant, en lugar de parafrasearlo mal, es tuerta.[1] Lakatos no tiene derecho de excluir varios tipos de historia, ni tildándolos de "psicología de la chusma", "inductivismo" o lo que sea, ni por su más común práctica de simple omisión. Las muchas historias nos enseñan varias cosas. Los mejores historiadores, cuando tienen filosofías, no parecen haberlas aprendido de un filósofo. Pero por las mismas razones que tenemos para re-

[1] "La simple polihistoria es una erudición *cíclópea* carente de un ojo, el ojo de la filosofía", Immanuel Kant en su *Lógica*, citada de la traducción de R. Hartmann y de W. Schwartz, Bobbs-Merrill, Indianápolis y Nueva York, 1974, p. 50

chazar el rechazo de Lakatos de muchas historias, hemos de recibir su propio uso del pasado.

En contraste con muchos escritos sobre historia, la historiografía de Lakatos tiene reglas que son irritantemente sencillas para el historiador veterano. Las describiré en mi próxima sección, pero antes haré una observación sobre su idea de "internalismo". La historia interna es una historia de la teoría enunciada en frases. Estas frases están comprendidas no sólo en el informe final de su investigación, sino también en las elaboraciones tentativas, los garabatos que hay en las tarjetas de Maxwell, las notas de los diarios de Lavoisier. Las frases incluyen promulgaciones sobre qué hacer y por qué hacerlo. Incluyen reacciones al fracaso, confesiones de cambios de opinión, gritos de triunfo, aunque sea difícil saber cómo estos últimos deberán archivarse como "internos" o "externos". Comoquiera que funcione el procedimiento de selección, la historia interna sigue siendo la historia de frases y no (salvo figurativamente) de pensamientos o ideas. El buen historiador interno no será el que encuentre una bonita idea en su cráneo y la deslice a los archivos, afirmando que *eso* fue lo que realmente estaba ocurriendo. Será el lector que pueda filtrar las frases decisivas en cuyos términos podrá construir generalizaciones que predigan el sucedido del resto de las frases que comprenden la historia interna. Desde luego, nadie ha logrado plantear las generalizaciones correctas, pero Lakatos sí tuvo cierto aparato para llevar adelante este trabajo. De eso tratan el "núcleo duro", "la heurística", el "obstáculo al monstruo" y similares. También fue un maestro de la cita aguda. A veces abusó de este don con

fines polémicos, pero tal es nuestro pago a su extraordinaria capacidad para elegir frases que dan sentido a lo demás. Mientras la historia interna del tipo pedido por Lakatos siga siendo un oficio, la primera condición para ser artesano será poder citar con efecto preciso. Así, este conocido rasgo de la obra de Lakatos no es un rasgo incidental a su estilo, sino parte de su naturaleza.

La reconstrucción racional

Lakatos tiene un *problema*, caracterizar el desarrollo del conocimiento internamente analizando ejemplos de crecimiento. Hay una *conjetura*, que la unidad del crecimiento es el programa de investigación (definida por núcleo duro, cinturón protector, heurística) y que los programas de investigación son progresivos o degenerativos y, finalmente, que el conocimiento crece por el triunfo de los programas progresivos sobre los degenerativos. Para poner a prueba esta suposición, seleccionaremos un *ejemplo* que deberá *prima facie* ilustrar algo que los científicos han descubierto. Por ello, el ejemplo deberá ser admirado por los científicos o por quienes piensen acerca de la rama apropiada del conocimiento, no porque nos inclinemos ante la ortodoxia sino porque los trabajadores en un dominio dado suelen tener un mejor sentido de lo que importa, que los legos. Habiendo elegido un ejemplo debemos *leer* todos los textos que puedan caer en nuestras manos, cubriendo una época completa, contemporánea del programa de investigación, y toda la fila de sus practicantes.

En lo que leemos, debemos *seleccionar* el tipo de frases que expresan lo que los trabajadores de la época estaban tratando de descubrir, y cómo estaban tratando de descubrirlo. Descartar lo que la gente sentía al respecto, los momentos de excitación creadora y aun la motivación de sus modelos de función; descartaremos no sólo la sociopolítica sino también la prosopografía y el mundo "tácito" de Polanyi, de presuposiciones y sensibilidad que, supuestamente, subyacen en el contenido sombrío de la ciencia. Habiéndonos decidido por semejante parte "interna" de los datos, podemos ahora tratar de organizar el resultado en una historia de *programas de investigación* lakatosianos.

Como en la mayor parte de las investigaciones, no debe esperarse un inmediato embone de conjetura y datos articulados. Tres tipos de revisión podrán ir disipando la confusión entre conjeturas y datos seleccionados. Primero, hemos de tratar el análisis de datos articulados. Tres tipos de revisión podrán ir cero, podemos concluir que nuestro elegido caso de estudio no ejemplifica, después de todo, el crecimiento del conocimiento. Analizaré por orden estos tres tipos de revisión.

Por mejorar el análisis de los datos, no estoy diciendo mentir. Lakatos hizo un par de tontas observaciones en [50] en que afirma algo como el hecho histórico en el texto, pero se retracta en las notas de pie de página, pidiéndonos que tomemos su texto con toneladas de sal. El lector de historia se siente comprensiblemente irritado, viendo que se burlan de él. Esto no iba en favor de ningún punto. La bromita de Lakatos no apareció en el curso de una reconstrucción racional, aunque él diga lo contrario. Esta-

ba construyendo algunos ejemplos que quería presentar como agudos. Se valió de la hipótesis de Prout de 1815 (los pesos atómicos de los elementos son múltiplos integrales del peso del hidrógeno) para ilustrar el caso de un programa de investigación que se debatía pero se mantenía a flote en un mar de anormalidades. Prout fue un médico y químico aficionado que descubrió HCl en el estómago y que hizo una obra útil en productos químico-biológicos. Lakatos convirtió a Prout en una figura importante, que *supo* que el cloro tiene un peso de 35.5 pero que aun así promulgó su hipótesis de los enteros. Una nota de pie de página corrige esto diciendo que Prout pensaba que Cl era 36. En realidad, Prout había enredado de tal modo los números que llegó a 36 y lo creyó (caso interesante en sí mismo, pues el enredo es manifiesto en el breve escrito de Prout). El argumento de Lakatos habría resultado perfectamente beneficiado por los hechos, más que por su ficción, pues muchos buenos químicos analíticos, especialmente en la Gran Bretaña, persistieron en la hipótesis de Prout aun después de "saberse" que Cl tenía que ser aproximadamente 35.5. Fue innecesario que Lakatos amañara el ejemplo, alterando los hechos; sin embargo, mi argumento es que simplemente estaba mejorando un ejemplo, y no dedicándose a una reconstrucción racional del tipo empleado para poner a prueba su conjetura acerca de los tipos de programas de investigación.

Cuando la conjetura de Lakatos y los datos seleccionados no embonan, como en cualquiera otra investigación debiéramos empezar por tratar de reanalizar los datos. Esto no significa mentir. Puede significar, simplemente, reconsiderar o seleccionar y

arreglar los hechos o puede ser un caso de imponer un nuevo programa de investigación a los hechos históricos conocidos.

Si no es posible reconciliar los datos y la conjetura lakatosiana, nos quedan dos posibilidades. Primero, el historial del caso puede ser considerado como algo distinto del desarrollo del conocimiento. Semejante gambito fácilmente podría ser una "barrera para monstruos", pero allí es donde entra el constreñimiento de la historia externa. Siempre puede decir Lakatos que un incidente particular en la historia de la ciencia no embona en su modelo porque es "irracional", pero él se impone a sí mismo la exigencia de que sólo debiéramos permitir esto si podemos decir cuál es el elemento irracional o causal externo.

Los elementos externos pueden ser presión política, costumbres corrompidas o, acaso, simple estupidez. Las historias de Lakatos son normativas porque pueden concluir que cierta rebanada de investigación "no habría debido" seguir el camino que siguió, y que siguió tal camino por la intervención de factores externos no afines al programa. Al concluir que un caso elegido no era "racional", es permisible ir contra la actual sabiduría científica. Pero aunque, en principio, Lakatos puede aprobar esto, sí se ve debidamente impelido por el respeto a las apreciaciones implícitas de los científicos en acción. No imagino a Lakatos concediendo de buena gana que Einstein, Bohr, Lavoisier o hasta Copérnico estuviesen participando en un programa irracional. "Una parte excesiva de la historia real de la ciencia", se volvería entonces "irracional" [51, *i*, p. 172]. No tenemos normas a las que apelar, en

el programa de Lakatos, aparte de la historia del conocimiento, tal como está. Declarar que es globalmente irracional sería tanto como abandonar la racionalidad.

Los cataclismos en el razonamiento

Lakatos trató de hacer que el desarrollo del conocimiento fuese un sustituto para una teoría representacional de la verdad. Pero existe un problema que ya surge en los primeros intentos de C. S. Peirce a lo largo de los mismos lineamientos. Peirce definió la verdad como aquello a lo que se llega por un fin ideal a la investigación científica y pensó que era tarea de la metodología caracterizar los principios de la investigación. Existe un problema obvio: ¿qué pasa si la investigación no converge con nada? Peirce, tan conocedor en su época de la charla sobre revoluciones científicas como nosotros lo somos en la nuestra, estaba determinado a que no hubiesen ocurrido "cataclismos" en el conocimiento (como él los llamó). Las teorías han tenido sus altibajos, y algunas fueron remplazadas por otras, pero todo esto es parte del carácter autocorrectivo de la investigación. Lakatos sostiene exactamente la misma actitud que Peirce. Estuvo resuelto a refutar la doctrina, que atribuyó a Kuhn, de que el conocimiento cambia por "conversiones" irracionales de un paradigma a otro.

No creo que una lectura atenta de Kuhn presente, como ha señalado Lakatos,[2] el aire apocalípti-

[2] Véase mi crítica de Kuhn [8], *History and Theory;* 18, 1979, pp. 223-236.

co de relativismo cultural. Muchas personas escriben hoy como si Kuhn y Lakatos estuviesen contando versiones paralelas de una historia similar, y esta actitud ecléctica puede ser bienvenida. Pero en realidad existe una profunda preocupación subyacente en la antipatía de Lakatos a la obra de Kuhn, y no hay que glosarla en exceso. Se relaciona con una de las apreciaciones de Feyerabend, referentes a que la versión de la racionalidad científica de Lakatos, en el mejor de los casos, conviene a las grandes realizaciones "del último par de siglos".

Un cuerpo de conocimiento puede romper con el pasado en dos formas distinguibles. A estas alturas, todos estamos familiarizados con la posibilidad de que nuevas teorías puedan remplazar por completo la organización conceptual de sus predecesoras. La versión de Lakatos de los programas progresivos y degenerativos constituye un buen espolonazo para decidir cuándo tales remplazos son "racionales". Pero todo el razonamiento de Lakatos da por sentado lo que podemos llamar el modelo hipotético-deductivo de razonamiento. Un rompimiento mucho más radical en el conocimiento ocurre cuando sale a la superficie un estilo enteramente nuevo de razonamiento. La fuerza de la frase de Feyerabend acerca de "el último par de siglos" está en que el análisis de Lakatos no es pertinente al conocimiento eterno y la razón atemporal sino a un tipo particular de conocimiento producido por un estilo particular de razonamiento. Tal conocimiento y tal estilo tienen comienzos específicos. Así, el temor peirciano al cataclismo se vuelve esto: ¿no puede haber otros estilos de razonamiento que producirán un nuevo tipo de conocimiento? ¿No es

el sustituto de Lakatos a la verdad un fenómeno local y reciente?

Estoy planteando una preocupación, no un argumento. Feyerabend [67] hace afirmaciones sensacionales pero poco convincentes acerca de diversos modelos de razonar y aun de ver en el pasado arcaico. En forma más prosaica, yo sostengo que una parte de nuestra concepción actual de la evidencia inductiva sólo surgió a finales del Renacimiento, y A. C. Crombie, de quien tomé la palabra "estilo", escribe acerca de seis estilos distinguibles (uno de los cuales es el método estadístico).[3] Ahora bien, de ahí no se sigue que el surgimiento de un nuevo estilo sea un cataclismo. En realidad, podemos añadir estilo sobre estilo, con un cuerpo acumulativo de útiles conceptuales. Éstas son cuestiones sólo recién esbozadas, y han sido radicalmente mal comprendidas. Pero deben hacernos cautelosos ante una versión de la realidad y de la verdad misma que parte del desarrollo del conocimiento cuando el tipo de desarrollo descrito resulta principalmente centrado en un conocimiento particular logrado por un estilo particular de razonamiento.

Para empeorar las cosas, yo sostengo que un estilo de razonamiento puede determinar la naturaleza misma del conocimiento que produce. El método postulativo de los griegos produjo una geometría que durante largo tiempo sirvió como modelo de conocimiento del filósofo. Lakatos truena contra el predominio del modo euclidiano. ¿Qué futuros Lakatos tronarán contra el predominio del modo de-

[3] A. C. Crombie, *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition*, Oxford, 1981; I. Hacking, *The Emergence of Probability*, Cambridge, 1975.

ductivo hipotético y la teoría de los programas de investigación a la *que dio el ser? Uno* de los rasgos más específicos de este modo es la postulación de entidades teóricas que ocurren en leyes de alto nivel, y que sin embargo tienen consecuencias experimentales. Este rasgo de la ciencia triunfante sólo se vuelve endémico a finales del siglo XVIII. ¿Será posible que hasta las preguntas de objetividad, planteadas *para nuestros tiempos* por Kant, sean precisamente las preguntas planteadas por este nuevo conocimiento? En caso afirmativo, *resulta entonces* perfectamente apropiado que Lakatos tratara de responder a aquellas preguntas en función del conocimiento de los dos siglos pasados. Pero erróneo sería suponer que partiendo de este tipo específico de *conocimiento* podamos llegar a una teoría de la verdad y la realidad. Tomar en serio el título del propuesto libro de Lakatos, "La lógica *cambiante* del descubrimiento científico" es tomar en serio la posibilid[illegible]de que Lakatos, como los griegos, hubiese [illegible] las verdades eternas dependieran de un [illegible] episodio de la historia del conocimiento hum[illegible]

VII. UN ENFOQUE DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL PROGRESO CIENTÍFICO*

LARRY LAUDAN**

DESIDERATA. Los estudios del desarrollo histórico de la ciencia han puesto en claro que todo modelo normativo de racionalidad científica que deba tener los recursos para mostrar que la ciencia ha sido en alto grado una empresa racional ha de hacer frente a ciertos rasgos persistentes del cambio científico. Específicamente, podemos concluir a partir de la evidencia histórica existente que:

1) Las transiciones de teoría generalmente son no acumulativas, es decir, ni el contenido lógico ni el empírico (ni siquiera las "consecuencias confirmadas") de teorías anteriores quedan completamente conservadas cuando aquellas teorías son suplantadas por otras nuevas.

2) En general, las teorías no son simplemente rechazadas porque tengan anomalías, ni son generalmente aceptadas tan sólo por haber sido empíricamente confirmadas.

3) Los cambios en las teorías científicas y los debates al respecto a menudo giran sobre cuestiones

* Copyright 1981 Larry Laudan. Con autorización del autor.

** Estoy muy agradecido a R. Laudan y a A. Lugg por sus útiles comentarios sobre una anterior redacción de este ensayo.

conceptuales, y no sobre cuestiones de apoyo empírico.

4) Los principios específicos y "locales" de la racionalidad científica que los hombres de ciencia utilizan al evaluar las teorías no son permanentemente fijos, sino que se han alterado en forma considerable a lo largo del curso de la ciencia.

5) Existe una vasta gama de actitudes cognoscitivas que los científicos adoptan hacia las teorías, incluyendo aceptar, rechazar, perseguir, mantener, etc. Cualquier teoría de la racionalidad que sólo analice las dos primeras será incapaz de enfrentarse a la vasta mayoría de las situaciones a las que se enfrentan los científicos.

6) Existe una gama de niveles de generalidad de las teorías científicas, que va desde leyes en un extremo hasta vastos marcos conceptuales en el otro. Los principios de probar, comparar y evaluar las teorías parecen variar considerablemente de un nivel a otro.

7) Dadas las notorias dificultades de los conceptos de "verdad aproximada" —tanto al nivel semántico como al epistémico—, resulta poco convincente que las caracterizaciones del progreso científico que consideran la evolución hacia un mayor valor de verdad como objetivo central de la ciencia permitan representar la ciencia como actividad racional.

8) La coexistencia de teorías rivales es la regla, no la excepción, de tal modo que la evaluación de teorías es, básicamente, asunto comparativo.

El desafío al que se enfrenta este ensayo es si puede haber una filosofía normativamente viable de la ciencia que deje un lugar para la mayoría o para

todos estos rasgos de la ciencia *wie es eigentlich gewesen ist.*

El objetivo de la ciencia. Preguntar si el conocimiento científico muestra un progreso cognoscitivo es preguntar si la ciencia, con el paso del tiempo, nos acerca a nuestros objetivos o metas cognoscitivos. Según nuestra elección de metas cognoscitivas, una y la misma secuencia temporal de teorías puede ser progresiva o no progresiva. Por consiguiente, la tarea estipulativa de especificar los objetivos de la ciencia es más que un ejercicio académico. A lo largo de la historia, ha existido una tendencia a caracterizar los objetivos de la ciencia en términos de propiedades tan trascendentales como la verdad o la certidumbre apodíctica.

Concebida de esta manera, la ciencia surge como no progresiva, puesto que evidentemente no tenemos manera de saber si nuestras teorías son más afines a la verdad o más ciertas de lo que fueron antes. Aún no tenemos una caracterización semántica satisfactoria del valor de verdad, no digamos una versión epistémica de cuándo sería ilegítimo juzgar una teoría como más cercana que otra a la verdad.[1] Sólo fijando metas para la ciencia que en principio sean alcanzables, y que sean tales que podamos decir si estamos alcanzándolas (o acercándonos a ellas) podemos tener esperanzas de lograr hacer una afirmación positiva acerca del carácter progresivo de la

[1] Ni "verosimilitud" ni "verdad aproximada" han recibido hasta ahora una caracterización formalmente adecuada. Para un estudio de algunas de las agudas dificultades a que se enfrentan las epistemologías realistas, véase mi "A Confutation of Convergent Realism", *Philosophy of Science,* primavera de 1981.

ciencia. Existen muchos objetivos inmanentes no trascendentes en cuyos términos podemos tratar de caracterizar la ciencia. Podríamos ver la ciencia como tendente a unas teorías bien demostradas, teorías que predigan hechos nuevos, teorías que "salven los fenómenos", o teorías que tengan aplicaciones prácticas. Mi propia proposición, más general que éstas, es que el objetivo de la ciencia es llegar a teorías con una alta eficacia para resolver problemas. Desde esta perspectiva, *la ciencia progresa en el caso de que las sucesivas teorías resuelvan más problemas que sus predecesoras.*

Los méritos de esta proposición son dos: *i*) capta mucho de lo que ha sido implícito a lo largo de la discusión sobre el crecimiento de la ciencia, y *ii*) presupone un objetivo que (a diferencia de la verdad) no es intrínsecamente trascendente y por tanto cerrado al acceso epistémico. El objeto de este ensayo es plantear esta proposición con cierto detalle y examinar algunas de las consecuencias que un modelo de desarrollo científico tendente a resolver problemas tiene para nuestro entendimiento de la empresa científica.[2]

Tipos de resolver problemas: Una Taxonomía. Pese a la charla prevaleciente entre científicos y filósofos acerca de la solución de problemas, no hay gran acuerdo acerca de lo que cuenta como proble-

[2] Este ensayo plantea en forma esquemática los rasgos centrales de un modelo del cambio científico, a base de solución de problemas. Por limitaciones de espacio, consiste básicamente en bocetos de argumento, antes que en argumentos detallados. Aquellos ejemplos científicos, que deben ser la ilustración clarificadora y prueba última de cualquiera de tales modelos, pueden encontrarse en otras partes, particularmente en mi [58] y [59].

ma, qué tipos de problemas hay y qué constituye una solución a un problema. Para empezar, sugiero separar los problemas *empíricos* de los *conceptuales.*

Al nivel empírico, yo distingo entre problemas potenciales, problemas resueltos y problemas anómalos. Los "problemas potenciales" constituyen lo que consideramos que ocurre acerca del mundo, de lo que no hay hasta ahora ninguna explicación. Los problemas "resueltos" o "reales" son esa clase de afirmaciones putativamente afines acerca del mundo que han sido resueltas por una u otra teoría viable. Los "problemas anómalos" son problemas reales, que teorías rivales resuelven pero que no quedan resueltos por la teoría en cuestión. Es importante notar que, según este análisis, los problemas no resueltos o potenciales no necesitan ser anomalías. Un problema sólo es anómalo para alguna teoría si tal problema ha sido resuelto por una teoría rival viable. Así, un ejemplo *prima facie* falsador para una teoría, T, puede no ser un problema anómalo (específicamente, cuando ninguna otra teoría lo ha resuelto), y un ejemplo que no false T puede, no obstante, ser anómalo para T (si T no lo resuelve y uno de los rivales de T sí lo hace).

Además de los problemas empíricos, a las teorías se les puede hacer frente por medio de problemas *conceptuales.* Tales problemas surgen para una teoría, T, en cualquiera de las circunstancias siguientes: *i*) cuando T es internamente incongruente o cuando los mecanismos teóricos que postula son ambiguos; *ii*) cuando T hace suposiciones acerca del mundo que van contra otras teorías o contra las suposiciones metafísicas prevalecientes, o cuando T hace afirmaciones acerca del mundo que no pue-

den quedar garantizadas por las prevalecientes doctrinas epistemológicas y metodológicas; *iii*) cuando *T* viola principios de la tradición investigadora de la que forma parte (que analizaremos más adelante); *iv*) cuando *T* no utiliza conceptos tomados de otras teorías más generales a las que lógicamente debía subordinarse.

Los problemas conceptuales, como los problemas empíricos anómalos, indican responsabilidades en nuestras teorías (es decir, fallas parciales de su parte para servir a todas las funciones para las que las hemos planeado).

Corre por gran parte de la historia de la filosofía de la ciencia una tensión entre las versiones coherentista y correspondentista del conocimiento científico. Los coherentistas subrayan la necesidad de tipos apropiados de vínculos conceptuales entre nuestras creencias, mientras que los correspondentistas insisten en afincar las creencias en el mundo. Cada versión, típicamente, sólo hace concesiones mínimas a la otra. (Por ejemplo, los correspondentistas habitualmente concederán que las teorías deben tener una coherencia mínima en el sentido de ser congruentes con nuestras otras creencias.) Sin embargo, ninguno de los dos bandos ha estado dispuesto a conceder que una *vasta gama* de frenos a la vez empíricos y conceptuales son de igual importancia para poner a prueba las teorías. El modelo de solución de problemas, por otra parte, explícitamente reconoce que ambas versiones están copresentes. Problemas empíricos y conceptuales representan respectivamente los frenos correspondentista y coherentista que colocamos a nuestras teorías. Los últimos surgen en la demanda de que las dificultades conceptuales (cuya

naturaleza analizaremos más adelante) deben quedar minimizadas; los primeros están contenidos en las dobles demandas de que una teoría debe resolver un número máximo de problemas empíricos, mientras genera un número mínimo de anomalías. Mientras que la mayoría de los filósofos empiristas y pragmáticos han asignado un papel subordinado a los factores conceptuales en la evaluación de teorías (permitiendo esencialmente que entren en juego aquellos factores sólo en la elección entre teorías que poseen un equivalente apoyo empírico), el modelo de solución de problemas arguye que la eliminación de las dificultades conceptuales es tan constitutiva del progreso como un creciente apoyo empírico. En realidad, según este modelo, es *posible* que un cambio, a partir de una teoría empíricamente bien apoyada a otra menos apoyada, pudiese ser progresivo, siempre que esta última resolviera considerables dificultades conceptuales a que se enfrentaba la primera.

El lugar central de las preocupaciones conceptuales representa aquí una considerable desviación de anteriores filosofías empiristas de la ciencia. Muchos tipos de dificultades conceptuales a que regularmente se enfrentan las teorías han recibido poco o ningún papel que desempeñar de manos de estos filósofos en sus modelos del cambio científico. Aun los que, como Popper, rinden homenaje (de dientes afuera) a la función heurística de la metafísica en la ciencia, no dejan espacio a conflictos racionales entre una teoría y las visiones prevalecientes acerca de la metodología científica. Y esto porque han presupuesto que las normas evaluativas metacientíficas que los científicos emplean para evaluar las teorías son inmutables e incontrovertibles.

¿Por qué fallan casi todos los modelos de ciencia en esta circunstancia central? Al evaluar los desarrollos anteriores, muy apropiadamente atienden con toda minuciosidad a la evidencia que tuvo un científico anterior y a sus creencias particulares acerca del mundo, pero también presuponen sin vacilar que los anteriores científicos se adherían a nuestras visiones acerca de las reglas de evaluación de las teorías. Una extensa información a este respecto pone vivamente en claro que las opiniones de la comunidad científica acerca de cómo poner teorías a prueba y acerca de lo que cuenta como evidencia han cambiado radicalmente a lo largo de la historia (*cf.* [57]). Esto no debe sorprendernos, pues somos capaces de aprender más acerca de cómo hacer ciencia conforme vamos aprendiendo más de cómo funciona el mundo. El hecho de que las estrategias evaluadoras de los científicos de épocas anteriores sean distintas de nuestras estrategias hace disparatado suponer que podemos evaluar la racionalidad de su ciencia pasando por alto completamente *sus* ideas acerca de cómo debían evaluarse las teorías. Si no hemos llegado a invocar la "astucia de la razón" de Hegel, o la "falsa conciencia" de Marx, por lo menos resulta anacrónico juzgar la racionalidad de la labor de un Arquímedes, un Newton o un Einstein preguntando si armoniza con la metodología contemporánea de un Popper o un Lakatos. Las ideas de científicos anteriores acerca de cómo debían evaluarse las teorías deben entrar en los juicios acerca de cuán racionales eran aquellos científicos al someter a prueba sus teorías en la forma en que lo hicieron. El modelo de solución de problemas pone en juego tales factores mediante la inclusión de problemas conceptuales,

una especie de los cuales surge cuando una teoría entra en conflicto con una epistemología prevaleciente. Los modelos de ciencia que no incluyen la teoría de la evidencia de un científico en una explicación racional de sus acciones y creencias son necesariamente defectuosos.

Ya he hablado de los problemas, pero, ¿qué decir de las soluciones? En los casos más sencillos, una teoría resuelve un problema *empírico* cuando entraña, junto con sus apropiadas condiciones iniciales y limítrofes, un planteamiento del problema. Una teoría resuelve o elimina un problema *conceptual* cuando no exhibe una dificultad conceptual de su predecesora. Es importante notar que, a este respecto, *muchas teorías diferentes pueden resolver el mismo problema* (empírico o conceptual). El valor de una teoría dependerá, *inter alia*, de cuántos problemas resuelva. En contraste con la mayoría de los modelos de explicación que insisten en que una teoría realmente no explica nada a menos que sea la teoría mejor (o posea un alto grado de confirmación), el enfoque a la solución de problemas permite acreditar la solución de un problema a una teoría, independientemente de lo bien establecida que esté la teoría mientras ésta se encuentre en cierta relación formal con (un planteamiento de) el problema. Algunas de las paradojas ya familiares de la confirmación se evitan con la demanda correlativa de que las teorías deben minimizar las dificultades conceptuales; como las teorías comunes de apoyo no dejan espacio a la vasta gama de consideraciones coherentistas antes esbozadas, sus modelos deductivistas de apoyo inductivo conducen a grandes confusiones que este enfoque fácilmente evita.

Progreso sin retención acumulativa. Virtualmente todos los modelos de progreso y racionalidad científica (con excepción de ciertas lógicas inductivas que por otra parte son defectuosas) han insistido en la retención general del contenido o éxito en cada transición de la teoría progresiva. Según algunos modelos muy conocidos, se pide a las teorías anteriores estar contenidas en teorías posteriores (o ser casos límites de éstas); mientras que en otros, el contenido empírico o las consecuencias confirmadas de las teorías anteriores deben ser subconjuntos de tal contenido, o clases congruentes de las nuevas teorías. Tales modelos son atractivos pues hacen directa la elección de teoría. Si una teoría nueva puede hacer todo lo que hacía su predecesora, y más también, entonces la nueva teoría es claramente superior. Por desgracia, la historia nos enseña que las teorías rara vez o nunca se encuentran en esta relación entre sí, y el reciente análisis conceptual llega a sugerir que las teorías no pueden mostrar tales relaciones en circunstancias normales.[3]

Lo que se necesita, si queremos rescatar el concepto de progreso científico, es un rompimiento del eslabón entre retención acumulativa y progreso, que nos permita la posibilidad de progresar aun cuando haya pérdidas explicativas, así como ganancias. Específicamente, debemos elaborar alguna medida de comparar ganancias contra pérdidas. Esto es cosa mucho más complicada que la simple retención acu-

[3] Ejemplos de tales cambios no acumulativos se encuentran enumerados en mi [58]. El argumento conceptual contra la posibilidad de acumulación se encuentra en mi obra "A Confutation of Convergent Realism", *op. cit.*, p. 145.

mulativa, y no estamos cerca de contar con una versión totalmente desarrollada. Pero los lineamientos de semejante versión sí se pueden percibir. El análisis de costos y beneficios es un útil creado especialmente para enfrentarse a una situación semejante. Dentro de un modelo de solución de problemas, tal análisis procede como sigue: por cada teoría, evalúa el número y el peso de los problemas empíricos que se sabe que resuelve. De manera similar, evalúa el número y el peso de sus anomalías empíricas; por último, evalúa el número y la posición central de sus dificultades o problemas conceptuales. Construyendo las escalas apropiadas, nuestro principio del progreso nos indica que es preferible la teoría que más se acerca a resolver el mayor número de problemas empíricos importantes, mientras genera el menor número de anomalías considerables lo mismo que problemas conceptuales.

Aún no es claro si los detalles de semejante modelo podrán refinarse. Pero debe ser obvio el atractivo del programa general, pues lo que en principio nos permite hacer es hablar acerca de cambios de teorías racionales y progresivas, a falta de una acumulativa retención de contenido. Desde luego, los obstáculos técnicos a los que se enfrenta semejante enfoque son enormes. Presupone que es posible individualizar y contar los problemas. No es completamente claro cómo hacer esto; pero, para el caso, *toda* teoría del apoyo empírico nos exige ser capaces de identificar e individualizar los ejemplos confirmadores y desconfirmadores que posee nuestra teoría.[4] Más pro-

[4] Pero este ejemplo de asunto inconcluso debe encontrarse en el programa virtualmente de todo filósofo de la

blemática es la idea de sopesar la importancia de los problemas, resueltos y no resueltos. Yo elucido algunos de los factores que influyen sobre este sopesamiento en *El progreso y sus problemas*, pero no pretendo haber establecido más que los lineamientos de una versión satisfactoria.

La gama de las modalidades cognoscitivas. La mayor parte de las metodologías de las ciencias han supuesto que las actitudes cognoscitivas que los científicos adoptan hacia las teorías quedan agotadas por las oposiciones entre "creencia" y "descreencia" o, más programáticamente, "aceptación" y "rechazo". Sin embargo, hasta un examen superficial de la ciencia revela que existe una gama mucho más vasta de actitudes cognoscitivas que debemos incluir en nuestra versión. Muchas teorías, si no la mayor parte, tratan de casos ideales. Los científicos no creen en tales teorías ni las aceptan como ciertas. Pero tampoco "descreencia" o "rechazo" caracteriza adecuadamente las actitudes de los hombres de ciencia hacia tales teorías. Además, los científicos afirman a menudo que una teoría, aun si es inaceptable, merece investigación, o es digna de mayor elaboración. La lógica de aceptación y rechazo es sencillamente demasiado restrictiva para representar esta gama de actitudes cognoscitivas. A menos que estemos dispuestos a decir que tales actitudes están más allá de

ciencia, ya que cualquier teoría viable de la evidencia (sea popperiana, bayesiana o lo que se quiera) incluirá el principio de que algunas piezas de evidencia son más importantes en la evaluación de la teoría que otras. Si no es posible sopesar ejemplos confirmadores y desconfirmadores, como lo han sugerido algunos, entonces no es posible tomar en serio, ni siquiera programáticamente, ninguna teoría existente de la evidencia.

todo análisis racional —caso en el cual la mayor parte de la ciencia es no racional—, necesitamos una versión del apoyo evidencial que nos permitirá decir qué teorías son dignas de mayor investigación y elaboración. Mi parecer es que puede verse que este continuo de actitudes entre aceptación y rechazo es de funciones del progreso relativo de solución de problemas (y el ritmo del progreso) de nuestras teorías. Una teoría sumamente progresiva puede no ser digna de aceptación, pero su progreso bien puede justificar mayores investigaciones. Una teoría con una alta tasa inicial de progreso puede merecer que la *conserven aun si su efectividad neta para resolver* problemas —comparada con algunas de sus rivales más antiguas y mejor establecidas— es insatisfactoria. Las medidas del progreso de una teoría muestran la promesa de racionalizar esta importante gama de juicios científicos.

Teorías y tradiciones de investigación. Los empiristas lógicos nos prestaron un servicio útil al desarrollar su versión de la estructura de una teoría científica. Las teorías del tipo que analizaron —consistentes en una red de enunciados que, junto con condiciones iniciales, condujeron a explicaciones y predicciones de fenómenos específicos— sí llegan cerca de captar el carácter de los marcos de trabajo que, típicamente, son puestos a prueba por los experimentos científicos. Pero limitar nuestra atención a las teorías así concebidas nos impide decir mucho acerca de los compromisos duraderos y a largo plazo que son un rasgo central en la investigación científica. Existen considerables "parecidos de familia" entre ciertas teorías, que las señalan como de un grupo y no de otro. Las teorías repre-

sentan ejemplificaciones de visiones más fundamentales acerca del mundo, y la manera en que se modifican y cambian las teorías sólo tiene sentido cuando se ven ante el trasfondo de los compromisos más fundamentales. Yo llamo "tradiciones de investigación" al conjunto de creencias que constituyen tales visiones fundamentales. En general, éstas consisten al menos en dos componentes: *i*) un conjunto de creencias acerca de las clases de entidades y procesos que integran el dominio de la investigación, y *ii*) un conjunto de normas epistémicas y metodológicas acerca de cómo se debe investigar ese dominio, cómo se debe poner a prueba las teorías, cómo se debe recabar datos, y similares.

Las tradiciones de investigación no son directamente sometibles a prueba, tanto porque sus ontologías son demasiado generales para permitir predicciones específicas, como porque sus componentes metodológicos, siendo reglas o normas, no son aseveraciones directamente sometibles a prueba acerca de cuestiones de hecho. Asociada a cualquier tradición de investigación activa va una familia de teorías. Algunas de estas teorías, por ejemplo las que aplican la tradición de investigación a diferentes partes del dominio, serán mutuamente congruentes, mientras que otras teorías no lo son, por ejemplo las que son teorías rivales dentro de la tradición de la investigación. Lo que todas las teorías tienen en común es que comparten la ontología de la tradición madre y se les puede poner a prueba y evaluar empleando sus normas metodológicas.

Las tradiciones de investigación sirven varias funciones específicas. Entre otras: *i*) indican qué supo-

siciones pueden considerarse como "conocimiento de fondo" incontrovertido para todos los científicos que trabajan dentro de esa tradición; *ii*) ayudan a identificar las partes de una teoría que están en dificultades y deben ser modificadas o enmendadas; *iii*) establecen reglas para recabar datos y poner a prueba las teorías; *iv*) plantean problemas conceptuales para cualquier teoría según la tradición que viola las pretensiones ontológicas y epistemológicas de la tradición madre.

Adecuación y promesa. Comparadas con teorías particulares, las tradiciones de investigación suelen ser entidades duraderas. Mientras que las teorías pueden ser abandonadas y reemplazadas con gran frecuencia, las tradiciones de investigación usualmente tienen larga vida, pues evidentemente pueden sobrevivir a la caída de cualesquiera de sus teorías subordinadas. Las tradiciones de investigación son las unidades que persisten por medio del cambio de la teoría y que, junto con problemas empíricos resueltos, establecen gran parte de la continuidad que hay en la historia de la ciencia. Pero aun tradiciones de investigación pueden ser derrocadas. Para comprender cómo, debemos poner en escena la maquinaria de la evaluación de solución de problemas.

Correspondiendo a las modalidades idealizadas de aceptación y seguimiento hay dos rasgos de las teorías, relacionados ambos con la eficiencia para resolver problemas. Ambos rasgos pueden explicarse por la eficiencia de una teoría para resolver problemas que es, en sí misma, función del número y la importancia de los problemas empíricos que una teoría ha resuelto y de las anomalías y problemas conceptuales a los que se enfrenta. Una teoría es más

adecuada (es decir, más aceptable) que una teoría rival en caso de que la primera haya mostrado mayor eficiencia que la segunda al resolver problemas. Una tradición de investigación es más adecuada que otra en caso de que el conjunto de teorías que la caracterizan en un momento dado sea más adecuado que las teorías que integran cualquier tradición de investigación rival.

Si nuestra única meta fuera decidir qué teoría o tradición de investigación resuelve el mayor número de problemas, estos útiles nos bastarían. Pero existe un elemento *prospectivo* así como uno retrospectivo en la evaluación científica. Nuestra esperanza es pasar a teorías que puedan resolver más problemas, incluso potenciales problemas empíricos, que aquellos a los que hoy podemos hacer frente. Buscamos teorías que prometan fertilidad al extender la gama de lo que hoy podemos explicar y predecir. El hecho de que una teoría (o tradición de investigación) sea hoy la más adecuada no carece de pertinencia, pero no es base suficiente para los juicios acerca de promesa o fertilidad. Rara vez es probable que las nuevas teorías y tradiciones de investigación hayan logrado llegar a cierto grado de eficiencia, al resolver problemas, tan alto como las antiguas teorías bien establecidas. ¿Cómo juzgaremos cuándo tales enfoques nuevos sean dignos de tomarse en serio? Una sugestión natural exige evaluar el avance o la tasa de progreso de tales teorías o tradiciones de investigación. Este progreso queda definido como la diferencia entre la eficacia para resolver problemas de la tradición de investigación en su última forma y su eficacia en un periodo temprano. La tasa de progreso es buena medida

de cuán rápidamente una tradición de investigación ha logrado los progresos que pueda mostrar.

Obviamente, una tradición de investigación puede ser menos adecuada que una rival, y sin embargo más progresiva. Reconociendo este hecho, podríamos proponer que se exploraran y siguieran las teorías sumamente progresivas, en tanto que sólo debían aceptarse las teorías más adecuadas. Las tradicionales filosofías de la ciencia (por ejemplo la de Carnap y la de Popper), y algunas más recientes (por ejemplo, la de Lakatos) comparten la idea de que tanto adecuación como promesa pueden ser evaluadas por la misma medida. Mi enfoque reconoce que evaluamos las ideas científicas con diferentes fines en vista y que diferentes medidas son apropiadas para tales fines. Cuán progresiva es una tradición de investigación y con qué rapidez ha progresado es cosa distinta (aunque de igual pertinencia) de preguntar cuán bien apoyada está la tradición de investigación.

Las pautas del cambio científico. Según la opinión de Thomas Kuhn, que ha alcanzado gran influencia, es posible periodizar la ciencia en una serie de épocas, los límites entre las cuales se llaman revoluciones científicas. Durante los periodos de ciencia normal, un paradigma reina supremo. Plantear preocupaciones conceptuales básicas o identificar anomalías de la doctrina prevaleciente o desarrollar activamente "paradigmas" distintos son, en opinión de Kuhn, actividades desautorizadas por la comunidad científica, que tiene un muy bajo nivel de tolerancia para los puntos de vista rivales. El problema de solución de problemas hace surgir un cuadro muy diferente de la empresa científica. Sugiere que la coexistencia de tradiciones de investigación rivales

es la regla, no la excepción. Subraya el punto central que ocupan los debates acerca de los fundamentos conceptuales y arguye que es indeseable el descuido de asuntos conceptuales (descuido que Kuhn considera central en el progreso "normal" de la ciencia). Que el verdadero desarrollo de la ciencia se encuentra más cerca del cuadro de la coexistencia permanente de rivales y la omnipresencia del debate conceptual que del cuadro de la ciencia normal es cosa que parece clara. Por ejemplo, es difícil encontrar algún periodo extenso en la historia de cada ciencia, durante los últimos 300 años, en que prevaleciera el cuadro kuhniano de "ciencia normal". Lo que parece mucho más común es que las disciplinas científicas abarquen toda una variedad de enfoques de investigación (tradiciones) copresentes. En cualquier momento, una u otra de estas puede tener la ventaja competitiva, pero está llevándose a cabo una lucha continua y persistente, en que los partidarios de una opinión u otra señalan las flaquezas empíricas y conceptuales de los puntos de vista rivales y la progresividad, para resolver problemas, de su propio enfoque. Las confrontaciones dialécticas son esenciales para el crecimiento y la mejora del conocimiento científico; como la naturaleza, la ciencia tiene rojos los colmillos y las garras.

La ciencia y las no-ciencias. El enfoque adoptado aquí indica que no hay diferencia fundamental en especie entre las formas científicas y otras formas de investigación intelectual. Todos tratan de dar sentido al mundo y a nuestra experiencia. Todas las teorías, científicas o no, están igualmente sujetas a frenos empíricos y conceptuales. Las disciplinas que llamamos las "ciencias" son, generalmente, más pro-

gresivas que las "no-ciencias"; en realidad, bien puede ser que las llamemos "ciencias" sencillamente porque son más progresivas y no por causa de algunos rasgos metodológicos o generales que posean en común. En tal caso, las diferencias que haya resultan ser diferencias de grado, más que de especie. Objetivos similares y procedimientos de evaluación similares operan a lo largo de la gama de las disciplinas intelectuales. Es cierto, desde luego, que *algunas* de las "ciencias" utilizan vigorosos procedimientos para poner a prueba, que no encuentran lugar en las no-ciencias; pero tales procedimientos de prueba no pueden constituir una ciencia, puesto que muchas "ciencias" no los utilizan.

La busca de una forma específicamente científica de conocimiento, o de una norma de demarcación entre ciencia y no-ciencia, ha sido un fracaso en toda la línea. Al parecer, no hay rasgo epistémico o conjunto de tales rasgos que muestren todas las "ciencias" y sólo ellas. Antes bien, nuestro objetivo debe ser distinguir las pretensiones fidedignas y bien probadas de conocimiento, de las falsas. El modelo de resolución de problemas pretende lograr que la maquinaria haga esto, pero no presupone que la distinción entre conocimiento fundamentado y no fundamentado simplemente llegue hasta la dicotomía entre ciencia y no-ciencia. Es tiempo de que abandonemos aquel duradero prejuicio "cientista" según el cual "las ciencias" y el sano conocimiento son coextensivos; no lo son. Dado esto, nuestra preocupación central debe ser distinguir las teorías de vasta y demostrada envergadura al resolver problemas, de las teorías que no tienen esta propiedad, *independientemente de si las teorías en cuestión caen*

en terrenos de la física, la *teoría literaria,* la filosofía o el sentido común.

La naturaleza comparativa de la evaluación de teorías. Los filósofos de la ciencia generalmente han tratado de caracterizar un conjunto de rasgos epistémicos y pragmáticos tales que, si una teoría poseía aquellos rasgos, podía ser juzgada como satisfactoria o aceptable, independientemente de un conocimiento de sus rivales. Así, los inductivistas sostuvieron que en cuanto una teoría pasaba cierto umbral de confirmación era aceptable; Popper sostuvo a menudo que si una teoría hacía predicciones sorprendentes, había "probado su temple". El enfoque aquí adoptado relativiza la aceptabilidad de una teoría sobre su competencia. El hecho de que una teoría tenga una gran eficacia de resolución de problemas o sea sumamente progresiva no garantiza los juicios acerca del valor de la teoría. Sólo cuando comparamos su eficacia y su progreso con los de sus rivales existentes, estamos en posición de ofrecer un juicio acerca de qué teorías deben ser aceptadas, obedecidas o mantenidas.

Conclusión. Si juzgamos este esbozo de un modelo de ciencia para resolver problemas contra los *desiderata* analizados al comienzo de este ensayo, resulta claro que el modelo admite la posibilidad de que una teoría pueda ser aceptable aun cuando no conserve la acumulatividad (específicamente, si la eficacia de resolver problemas de lo nuevo supera a lo antiguo). El modelo permite dar una función racional a las controversias acerca de las credenciales conceptuales de una teoría. Tales controversias hasta podrían conducir a progresivas clarificaciones conceptuales de nuestras suposiciones básicas. Metiendo

las suposiciones epistemológicas de la tradición investigadora de un científico en los cálculos de la adecuación de una teoría, el modelo deja espacio para cambiantes principios locales de racionalidad en el desarrollo de la ciencia. El ensanchamiento de la gama de modalidades cognoscitivas, más allá de aceptación y rechazo, se efectúa por medio de la distinción entre la eficacia de una teoría, su progreso y su tasa de progreso. El modelo explica cómo puede ser racional que los científicos acepten teorías confrontadas por anomalías y por qué a veces no desean aceptar ciertas teorías *prima facie* bien confirmadas. A lo largo de su caracterización de los objetivos de la ciencia, el modelo evita atribuir fines trascendentes o inalcanzables a la ciencia. Por último, el modelo racionaliza la actual coexistencia de teorías rivales, mostrando por qué el pluralismo teórico contribuye al progreso científico.

Nada de esto establece que el enfoque de solución de problemas, aún embrionario en muchos aspectos, sea un modelo viable de progreso y racionalidad. Sin embargo, lo que sí puede decirse es que el modelo puede acomodar el número más racional de rasgos persistentes del desarrollo científico que las explicaciones prevalecientes de la ciencia consideran como intrínsecamente irracionales. Hasta este grado, promete ser capaz de explicar por qué la ciencia funciona tan bien como lo hace.

VIII. CÓMO DEFENDER A LA SOCIEDAD CONTRA LA CIENCIA*

PAUL FEYERABEND

CUENTOS DE HADAS

DESEO defender a la sociedad y sus miembros contra todas sus ideologías, incluso la ciencia. Todas las ideologías deben verse en perspectiva. No hay que tomarlas demasiado en serio. Debemos leerlas como cuentos de hadas que tienen muchas cosas interesantes que decir, pero que también contienen mentiras perversas, o como prescripciones éticas que pueden ser útiles reglas aproximativas pero que son letales si se las sigue al pie de la letra.

Ahora bien, ¿no es ésta una actitud extraña y ridícula? La ciencia desde luego, siempre estuvo a la vanguardia en la lucha contra el autoritarismo y la superstición.

A la ciencia debemos nuestra mayor libertad intelectual ante las creencias religiosas; a la ciencia debemos la liberación de la humanidad ante las antiguas y rígidas formas de pensamiento. Hoy, estas formas de pensamiento no son más que pesadillas, y esto lo aprendimos por la ciencia. La ciencia y la ilustración son una cosa y sólo una: aun los más radicales críticos de la sociedad creen esto.

* Tomado de *Radical Philosophy*, 2, verano de 1975, pp. 4-8. Con autorización del autor y de los editores.

Kropotkin desea derrocar todas las instituciones y formas de creencia tradicionales, con excepción de la ciencia. Ibsen critica las más íntimas ramificaciones de la ideología burguesa decimonónica, pero deja intacta la ciencia. Lévi-Strauss nos ha hecho comprender que el pensamiento occidental no es la cumbre solitaria de las reacciones humanas como en un tiempo se creyó que era, pero excluye la ciencia de su relativización de las ideologías. Marx y Engels estuvieron convencidos de que la ciencia ayudaría a los trabajadores en busca de la liberación mental y social.

¿Se engañaron todos ellos? ¿Interpretaron mal todos el papel de la ciencia? ¿Son todos víctimas de una quimera? A las preguntas anteriores mi respuesta es un firme *Sí y No*. Ahora, permítaseme explicar mi respuesta.

Mi explicación consiste en dos partes, una más general, la otra más específica. La explicación general es más sencilla. Toda ideología que rompe las cadenas que un sistema general de pensamiento ha puesto a la mente de los hombres contribuye a la liberación del hombre. Cualquier ideología que haga que el hombre cuestione las creencias heredadas constituye una ayuda para la ilustración. Una verdad que impera sin frenos ni equilibrio es como un tirano que hay que derrocar, y cualquier falsedad que pueda ayudarnos en el derrocamiento de este tirano será bienvenida. De allí se sigue que la ciencia de los siglos XVII y XVIII *fue* en realidad un instrumento de liberación e ilustración. No se sigue que la ciencia deba *continuar* siendo semejante instrumento. No hay nada inherente a la ciencia o a ninguna otra ideología que la haga *esencialmente* liberadora. Las

ideologías pueden deteriorarse y convertirse en estúpidas religiones. Miren al marxismo. Y que la ciencia de hoy es muy distinta de la ciencia de 1650 es evidente aun a la mirada más superficial.

Por ejemplo, considérese la función que la ciencia desempeña hoy en la educación. Se enseñan "hechos" científicos a muy tierna edad y en la misma forma que los "hechos" religiosos se enseñaban hace sólo un siglo. No se hace ningún intento por despertar las capacidades críticas del alumno para que pueda ver las cosas en perspectiva. En las universidades, la situación es aún peor, pues allí el adoctrinamiento se lleva a cabo de manera mucho más sistemática. La crítica no está totalmente ausente. Por ejemplo, la sociedad y sus instituciones son criticadas con toda severidad, y a menudo con la mayor injusticia, y esto ya al nivel de escuela elemental. Pero la ciencia queda exenta de crítica. En la sociedad en general, el juicio del científico es recibido con la misma reverencia con que no hace mucho tiempo se aceptaba el juicio de los obispos y cardenales. El avance hacia la "desmitologización", por ejemplo, ha sido motivado en gran parte por el deseo de evitar todo choque entre el cristianismo y las ideas científicas. Si ocurre semejante choque, entonces, ciertamente, la ciencia está en la verdad y el cristianismo en el error. Llevemos más adelante esta investigación y veremos que la ciencia se ha vuelto hoy tan opresiva como las ideologías con que antes tuvo que luchar. No nos dejemos engañar por el hecho de que hoy casi no matan a nadie por unirse a una herejía científica. Esto no tiene nada que ver con la ciencia. Sí tiene algo que ver con la calidad general de nuestra civilización. En ciencia, los here-

jes aún deben sufrir las sanciones *más severas* que pueda ofrecer esta civilización relativamente tolerante.

Pero, ¿no es enteramente injusta esta descripción? ¿No he presentado las cosas bajo una luz muy deformante, mediante el uso de una terminología tendenciosa y deformadora? ¿No debemos describir la situación de manera totalmente distinta? He dicho que la ciencia se ha vuelto *rígida,* que ha dejado de ser instrumento de *cambio* y *liberación* sin añadir que ha encontrado la *verdad* o una gran parte de ella. Considerando este hecho adicional, nos percatamos, dice la objeción, de que la rigidez de la ciencia no se debe al capricho humano. Está en la naturaleza de las cosas. Pues, una vez que hemos descubierto la verdad, ¿qué otra cosa podemos hacer sino seguirla?

Esta trillada réplica no tiene nada de original; se emplea cada vez que una ideología desea reavivar la fe de sus seguidores. "Verdad" es una palabra convenientemente neutral. Nadie negaría que es recomendable decir la verdad, y malo decir mentiras. Nadie negaría eso; y sin embargo nadie sabe a qué equivale semejante actitud moral. Así, es fácil tergiversar las cosas y cambiar la lealtad a la verdad en nuestros asuntos cotidianos en una lealtad a la Verdad de una ideología que no es sino la defensa dogmática de tal ideología. Y luego, *no* es cierto que *hemos* de seguir la verdad. La vida humana es guiada por muchas ideas. La verdad es una de ellas. La libertad y la independencia mental son otras. Si la Verdad, como la conciben algunos ideólogos, entra en conflicto con la libertad, entonces tenemos una *opción.* Podemos abandonar la libertad. Pero

también podemos abandonar la Verdad. (Diversamente, podemos adoptar una idea más refinada de la verdad que ya no contradiga la libertad; tal vez la solución de Hegel.) Mi crítica a la ciencia moderna es que inhibe la libertad de pensamiento. Si la razón es que ha encontrado la verdad y ahora la sigue, entonces yo diría que hay cosas mejores que primero encontrar, y después seguir a semejante monstruo. Esto pone fin a la parte general de mi explicación.

Existe un argumento más explícito para defender la posición excepcional que la ciencia ocupa hoy en sociedad. Concentrado, el argumento dice *i*) que la ciencia ha encontrado finalmente el *método* correcto para lograr resultados y *ii*) que hay muchos *resultados* para probar la excelencia del método. El argumento es erróneo, pero la mayor parte de los intentos por mostrarlo conducen a un callejón sin salida. Hoy, la metodología está tan atestada de vana sofistería que es sumamente difícil percibir los sencillos errores que hay en la base. Es como combatir la hidra: córtese una horrible cabeza y ocho formalizaciones ocupan su lugar. En esa situación, la única respuesta es la superficialidad: cuando la sofistería pierde contenido, entonces la única manera de mantenerse en contacto con la realidad es mostrarse burdo y superficial. Y esto es lo que me propongo hacer.

Contra el método

Hay un método, nos dice la parte *i*) del argumento. ¿Cuál es? ¿Cómo funciona? Una respuesta que ya no goza de tanta aceptación como antes es que la

ciencia trabaja recabando hechos e infiriendo teorías de ellos. La respuesta es insatisfactoria ya que las teorías nunca se *siguen* de los hechos en el estricto sentido lógico. Decir que pueden ser *apoyadas* por los hechos presupone un concepto de apoyo que *a*) muestra hoy este defecto y es *b*) lo bastante refinado para permitirnos decir hasta qué punto, por ejemplo, la teoría de la relatividad es apoyada por los hechos. Un concepto semejante no existe hoy ni es probable que se descubra jamás (uno de los problemas es que necesitamos un concepto de apoyo en que pueda decirse que los cuervos grises apoyan la frase "todos los cuervos son negros"). De esto se percataron los convencionalistas y los idealistas trascendentales que indicaron que las teorías *moldean* y *ordenan* los hechos y que por lo tanto se les puede retener, venga lo que venga. Se les puede retener porque el cerebro humano, consciente o inconscientemente, siguió adelante con su función ordenadora. Lo malo de estas opiniones es que presuponen para la mente lo que desean explicar para el mundo, es decir, que trabaja de manera regular. Sólo hay una opinión que supera todas esas dificultades. Fue inventada dos veces en el siglo XIX, por Mill, en su inmortal ensayo *De la libertad,* y por algunos darwinianos que extendieron el darwinismo hasta la batalla de las ideas. Esta opinión toma el toro por los cuernos: No es posible justificar las teorías ni es posible mostrar su excelencia sin referirse a otras teorías. Podemos explicar el *triunfo* de una teoría por referencia a una teoría más general (podemos explicar el triunfo de la teoría de Newton empleando la teoría general de la relatividad); y podemos ex-

plicar nuestra *preferencia* por ella comparándola con otras teorías. Semejante comparación no establece la excelencia intrínseca de la teoría que hemos elegido. A decir verdad, la teoría que hemos elegido puede ser bastante mala. Puede contener contradicciones, entrar en conflicto con hechos bien conocidos, ser enredada, confusa, *ad hoc* en lugares decisivos, etc. Pero aun así puede ser mejor que ninguna otra teoría de que se disponga por entonces. En realidad, puede ser la mejor teoría deficiente que haya. Y tampoco las normas de juicio se eligen de manera absoluta. Nuestro refinamiento aumenta con cada elección que hacemos, y así también nuestras normas. Las normas compiten exactamente como las teorías compiten y nosotros elegimos las normas más apropiadas para la situación histórica en que se hace la elección. Las opciones rechazadas (teorías, normas, "hechos") no quedan eliminadas. Sirven como correctivos (después de todo, podemos haber hecho una mala elección) y también explican el contenido de las ideas preferidas (comprendemos la relatividad mejor cuando comprendemos la estructura de sus competidoras; conocemos el significado completo de libertad sólo cuando tenemos una idea de la vida en un Estado totalitario, de sus ventajas —y hay muchas— así como de sus desventajas). El conocimiento así concebido es un océano de alternativas canalizadas y subdivididas por un océano de normas. Obliga a nuestro cerebro a hacer elecciones imaginativas y, así, le hace crecer. Hace que nuestra mente sea capaz de elegir, imaginar y criticar.

Hoy, esta opinión es frecuentemente relacionada con el nombre de Karl Popper. Pero existen algu-

nas diferencias decisivas entre Popper y Mill. Para empezar, Popper desarrolló su idea para resolver un problema especial de epistemología: quería resolver el "problema de Hume". Mill, por su parte, se interesa en condiciones favorables al crecimiento humano. Su epistemología es resultado de cierta teoría del hombre, y no al revés. También Popper, influido por el Círculo de Viena, mejora la forma lógica de una teoría antes de analizarla, mientras que Mill emplea cada teoría en la forma en que surge en la ciencia. En tercer lugar, las normas de comparación de Popper son rígidas y fijas, mientras las normas de Mill pueden cambiar con la situación histórica. Por último, las normas de Popper eliminan la competencia de una vez por todas; las teorías que no son falsables, o que son falsables y falsadas, no tienen lugar en la ciencia. Las normas de Popper son claras, inequívocas, precisamente formuladas; las normas de Mill no lo son. Esto sería una ventaja si la ciencia misma fuera clara, inequívoca y precisamente formulada. Por fortuna, no lo es.

Para empezar, nunca se ha formulado una nueva y revolucionaria teoría científica de tal manera que nos permita decir en qué circunstancias hemos de *considerarla en peligro: muchas teorías revolucionarias* son infalsables. Existen versiones falsables, pero casi nunca están en acuerdo con los planteamientos básicos aceptados: toda teoría moderadamente interesante es falsada. Además, las teorías tienen fallas formales, muchas de ellas contienen contradicciones, ajustes *ad hoc,* etc., etc. Aplicadas con resolución, las normas popperianas eliminarían la ciencia sin remplazarla por algo comparable. Son inútiles como auxiliares para la ciencia.

En el último decenio, varios pensadores han comprendido esto, entre ellos Kuhn y Lakatos. Las ideas de Kuhn son interesantes, pero, ¡ay! son demasiado vagas para hacer surgir algo que no sea aire caliente. Si no me creen, miren la bibliografía. Nunca antes la literatura sobre la filosofía de la ciencia había sido invadida por tantos chiflados e incompetentes. Kuhn alienta a cierta gente que no tiene la menor idea de por qué una piedra cae al suelo, a hablar con aplomo acerca del método científico. Ahora bien, yo no tengo ninguna objeción a la incompetencia, pero sí cuando la incompetencia va acompañada por el hastío y la hipocresía. Y eso es precisamente lo que ocurre. No tenemos ideas falsas interesantes, recibimos ideas soporíferas o palabras que no van conectadas a ninguna idea. En segundo lugar, cada vez que tratamos de hacer más definidas las ideas de Kuhn, encontramos que son *falsas*. ¿Hubo alguna vez un periodo de ciencia normal en la historia del pensamiento? No. . . ; desafío a cualquiera a demostrar lo contrario.

Lakatos es incomparablemente más refinado que Kuhn. En lugar de teorías, él considera programas de investigación que son secuencias de teorías conectadas por métodos de modificación, la llamada heurística. En cada secuencia, cada teoría puede estar llena de fallas. Puede ser víctima de anomalías, contradicciones y ambigüedades. Lo que cuenta no es la forma de las teorías en particular, sino la tendencia que muestra toda la secuencia. Juzgamos los desarrollos históricos, los logros a lo largo de un periodo, antes que la situación en un momento particular. Historia y metodología se combinan en una sola empresa. Se dice que un programa de investiga-

ción progresa si la secuencia de teorías conduce a nuevas predicciones. Se dice que degenera si queda reducido a absorber hechos que se han descubierto sin su ayuda. Un rasgo decisivo de la metodología de Lakatos es que tales evaluaciones ya no están atadas a las reglas metodológicas que dicen al científico que debe retener o abandonar un programa de investigación. Los científicos pueden aferrarse a un programa degenerativo, y hasta pueden lograr que el programa alcance a sus rivales y entonces proceden racionalmente con lo que estén haciendo (siempre que continúen llamando degenerativos a los programas degenerativos, y progresivos a los programas progresivos). Esto significa que Lakatos ofrece *palabras* que *suenan* como los elementos de una metodología; no ofrece una metodología. No existe hoy un método de acuerdo con la metodología más avanzada. Con esto da fin mi réplica a la parte *i*) de la discusión específica.

Contra los resultados

Según la parte *ii*), la ciencia merece una posición especial porque ha producido *resultados*. Esto sólo es argumento si se puede dar por sentado que ninguna otra cosa ha producido jamás resultados. Ahora bien, puede reconocerse que casi todos los que discuten del tema hacen semejante suposición. También se puede reconocer que no es fácil mostrar que la suposición es falsa. Formas de vida diferentes de la ciencia han desaparecido o han degenerado hasta tal punto que resulta imposible una comparación justa. Sin embargo, la situación no es tan

desesperada como lo era hace sólo una década. Hemos llegado a conocer métodos médicos de diagnóstico y terapia que son eficaces (tal vez más eficaces aún que las partes correspondientes de la medicina occidental) y que sin embargo se basan en una ideología que *es radicalmente distinta* de la ideología de la ciencia occidental. Hemos aprendido que hay fenómenos como la telepatía y la telequinesis que son desdeñados por el enfoque científico y que pueden emplearse para hacer investigaciones en forma totalmente nueva (pensadores antiguos como Agripa de Nettesheim, John Dee y hasta Bacon supieron de estos fenómenos). Y luego, ¿no es verdad que la Iglesia salvó almas mientras que la ciencia hace todo lo contrario? Desde luego, nadie cree hoy en la ontología subyacente en este juicio. ¿Por qué? Por causa de presiones ideológicas idénticas a las que hoy nos hacen escuchar a la ciencia, con exclusión de todo lo demás. También es cierto que fenómenos como la telequinesis y la acupuntura podrían llegar a ser absorbidos por el cuerpo de la ciencia, y por tanto, se les puede llamar "científicos". Pero nótese que esto sólo ocurre *después* de un largo periodo de resistencia durante el cual una ciencia que *aún no* contiene los fenómenos desea dominar a las formas de vida que los contienen. Y esto conduce a una nueva objeción contra la parte *ii*) del argumento específico. El hecho de que la ciencia tenga resultados cuenta en su favor sólo si estos resultados fueron logrados exclusivamente por la ciencia y sin ninguna ayuda exterior. Una ojeada a la historia nos muestra que la ciencia casi nunca obtiene resultados de esta manera. Cuando Copérnico introdujo una nueva

visión del universo, no consultó a sus predecesores *científicos* sino que consultó a un chiflado pitagórico como Filolao. Adoptó sus ideas y las sostuvo, contra todas las buenas reglas del método científico. La mecánica y la óptica deben mucho a artesanos, la medicina a parteras y brujas. Y en nuestra propia época hemos visto cómo la intromisión del Estado puede hacer avanzar la ciencia: cuando los comunistas chinos no se dejaron intimidar por el juicio de los expertos y ordenaron que la medicina tradicional regresara a las universidades y los hospitales hubo un grito de indignación por todo el mundo: se dijo que la ciencia sería arruinada en China. Ocurrió todo lo contrario: la ciencia china avanzó, y la ciencia occidental aprendió de ella. Por doquier observamos que los grandes avances científicos se deben a una intervención exterior que logra prevalecer ante las más básicas y "racionales" reglas metodológicas. La lección es clara: no existe un solo argumento que pueda emplearse en apoyo de la función excepcional que la ciencia desempeña hoy en la sociedad. La ciencia ha hecho muchas cosas, pero también lo han hecho otras ideologías. La ciencia procede a menudo sistemáticamente, pero también lo hacen otras ideologías (consúltese el historial de los muchos debates doctrinales que han ocurrido en la Iglesia) y, además, no existen reglas supremas a las que haya que adherirse en toda circunstancia; no hay una "metodología científica" que pueda emplearse para separar la ciencia de todo lo demás. *La ciencia es sólo una de las muchas ideologías que impulsan a la sociedad y debe ser tratada como tal* (esta afirmación puede aplicarse aun a las secciones más progresistas y dialécticas de la ciencia).

¿Qué consecuencias podemos sacar de este resultado?

La consecuencia más importante es que debe haber una *separación formal entre Estado y ciencia,* así como hay, en la actualidad, una separación formal entre Estado e Iglesia. La ciencia puede influir sobre la sociedad, pero sólo hasta el punto en que cualquier grupo político o de presión está autorizado a influir sobre la sociedad. Se puede consultar a los científicos sobre proyectos importantes, pero el juicio decisivo debe dejarse a cuerpos consultores democráticamente elegidos. Estos cuerpos estarán integrados casi exclusivamente por legos. ¿Lograrán los legos llegar a un juicio correcto? Ciertamente, pues la competencia, las complicaciones y los triunfos de la ciencia se han exagerado grandemente. Una de las experiencias más regocijantes consiste en ver cómo un abogado, que es lego, puede encontrar fallas en el testimonio, el testimonio técnico del más avanzado experto, preparando así al jurado para su veredicto. La ciencia no es un libro cerrado que sólo se comprende tras años de preparación. Es una disciplina intelectual que puede ser examinada y criticada por cualquiera que se interese, y que sólo parece difícil y profunda por causa de una campaña sistemática de ofuscación emprendida por muchos científicos (aunque, me alegra poder decirlo, no por todos). Los órganos del Estado nunca deben vacilar en rechazar el juicio de los científicos cuando tengan razón para hacerlo. Tal rechazo educará al público en general, lo hará más confiado y así podrá conducir a una mejora. Si consideramos el notable chauvinismo de la comunidad científica podremos decir: cuanto más casos Lysenko, mejor (no es

la *intervención* del Estado la que fue objetable en el caso de Lysenko, sino la intervención *totalitaria* que mata al adversario, en lugar de limitarse a desdeñar su consejo). Tres hurras a los fundamentalistas de California que lograron suprimir de los libros de texto una formulación dogmática de la teoría de la evolución e incluir un relato del Génesis (pero yo sé que se volverían tan chauvinistas y totalitarios como hoy son los científicos cuando se les da la oportunidad de dirigir la sociedad por sí solos. Las ideologías son maravillosas cuando van en compañía de otras ideologías. Se vuelven aburridas y doctrinarias en cuanto sus méritos les hacen suprimir a sus adversarios). Sin embargo el cambio más importante habrá de efectuarse en el terreno de la educación.

La educación y el mito

El propósito de la educación, podría pensarse, es introducir a los jóvenes en la vida, y eso significa: en la *sociedad* en que nacieron y en el *universo físico* que rodea a la sociedad. El método de educación consiste frecuentemente en la enseñanza de algún *mito básico*. El mito aparece en varias versiones. Pueden enseñarse versiones más avanzadas mediante mitos de iniciación que con toda firmeza los implantan en la mente. Conociendo el mito, el adulto puede explicarlo casi todo (o de lo contrario, puede buscar en los expertos una información más detallada). Es el amo de la Naturaleza y la Sociedad. Las comprende a ambas y sabe cómo interactuar con ellas. Sin embargo, *no es el amo del mito que guía su entendimiento.*

Ese ulterior dominio fue a lo que tendieron y en parte lograron los presocráticos. Los presocráticos no sólo trataron de comprender el *mundo*. También trataron de comprender, y así de dominar, los *medios de comprender el mundo*. En vez de contentarse con un solo mito, crearon muchos y así redujeron el poder que un relato bien contado ejerce sobre los cerebros de los hombres. Los sofistas introdujeron otros métodos más para reducir el efecto debilitador de los cuentos interesantes, coherentes, "empíricamente adecuados", etcétera. Las realizaciones de estos pensadores no fueron apreciadas, y ciertamente no son comprendidas hoy. Cuando enseñamos un mito queremos aumentar la oportunidad de que sea comprendido (es decir, que no haya desconcierto con ningún rasgo del mito), creído *y aceptado*. Esto no causa ningún daño cuando el mito es contraequilibrado por otros mitos: ni siquiera el instructor más dedicado (es decir, totalitario) de cierta versión del cristianismo podrá impedir que sus alumnos tengan algún contacto con budistas, judíos y otras personas desacreditadas. Muy distinto es el caso de la ciencia o del racionalismo donde el campo está casi enteramente dominado por los creyentes. En este caso, es de máxima importancia fortalecer las mentes de los jóvenes, y "fortalecer las mentes de los jóvenes" significa fortalecerlos *contra* toda fácil aceptación de ideas comprehensivas. Lo que aquí necesitamos es una educación que haga a la gente *contraria, contrasugestiva sin* hacerla incapaz de dedicarse a la elaboración de una sola visión. ¿Cómo alcanzar este objetivo?

Se le puede alcanzar protegiendo la enorme imaginación que poseen los niños y desarrollando al

máximo el espíritu de contradicción que existe en ellos. En general, los niños son mucho más inteligentes que sus maestros. Sucumben y entregan su inteligencia porque se les acobarda o porque sus profesores los dominan por medios emocionales. Los niños pueden aprender, comprender y mantener separados dos de tres diferentes idiomas ("niños" y con ello quiero decir de tres a cinco años, NO de ocho años, con quienes se experimentó recientemente, y no resultaron muy bien; ¿por qué? Porque ya habían sido viciados por incompetente enseñanza a una edad más tierna).

Desde luego, hay que presentar los idiomas en forma más interesante de como suele hacerse. Hay maravillosos escritores en todos los idiomas que han contado maravillosos cuentos: empecemos nuestra enseñanza de idiomas *con ellos* y no con *der Hund hat einen Schwanz* y con sandeces similares. Empleando tales relatos podemos, desde luego, introducir versiones "científicas", por ejemplo del origen del mundo y así dar a conocer al mismo tiempo la ciencia a los niños. Pero la ciencia no debe recibir ninguna posición especial, salvo para indicar que hay muchas personas que creen en ella.

Más adelante, los cuentos narrados podrán ser complementados con "razones", y por razones quiero decir nuevos relatos del tipo que se encuentra en la tradición a la que pertenece el cuento. Y desde luego también habrá razones contrarias. Tanto las razones como las razones contrarias serán explicadas por los expertos en la disciplina y así la generación joven entrará en contacto con todo tipo de sermones y todo tipo de disidentes. Entrará en contacto con ellos, entrará en contacto con sus cuentos, y cada

quien podrá resolver qué camino seguir. A estas alturas, cada quien sabe que puede ganar mucho dinero y conquistar respeto y tal vez un Premio Nobel si se mete a científico y, por tanto, muchos serán científicos. *Serán* científicos *sin haber sido engañados por la ideología de la ciencia, serán* científicos *porque han hecho una elección libre.* Pero, ¿no se ha perdido demasiado tiempo en temas acientíficos, y no reducirá esto su competencia una vez que sean científicos? ¡Nada de eso! El progreso de la ciencia, de la buena ciencia, depende de las ideas nuevas y de la libertad intelectual: la ciencia muy a menudo ha avanzado por obra de extraños (recuérdese que Bohr y Einstein se consideraban extraños). ¿No habrá muchos que hagan una mala elección y terminen en un callejón sin salida? Bueno, eso depende de lo que signifique "callejón sin salida". La mayoría de los científicos de hoy carecen de ideas, están llenos de miedo, decididos a producir algún mísero resultado que añadir al diluvio de míseros escritos que hoy constituyen el "progreso científico" en muchos terrenos.

Y luego, ¿qué es más importante?, ¿llevar una vida que se ha escogido con los ojos abiertos o pasar nuestro tiempo en el nervioso intento de evitar lo que algunas personas no muy inteligentes llaman "callejones sin salida"? ¿No se reducirá el número de científicos, de modo que a la postre no quede nadie para dirigir nuestros inapreciables laboratorios? No lo creo. Dada una elección que hacer, muchas personas podrán escoger la ciencia, pues una ciencia dirigida por agentes libres parece mucho más atractiva que la ciencia de hoy que es gobernada por esclavos, esclavos de instituciones y esclavos de la

"razón". Y si hay una temporal escasez de científicos, la situación siempre podrá remediarse mediante varios tipos de incentivos. Desde luego, los científicos no desempeñarán una función predominante en la sociedad que estoy considerando. Quedarán más que contrapesados por magos o sacerdotes o astrólogos.

Tal situación es insufrible para muchas personas, jóvenes y viejas, de derecha y de izquierda. Casi todos vosotros tenéis la firme creencia de que al menos *algún* tipo de verdad se ha encontrado, que se le debe conservar y que el método de enseñar que yo propongo y la forma de sociedad que yo defiendo lo diluirán hasta hacerlo desaparecer. Tenéis esta firme convicción. Muchos de vosotros hasta tenéis razones. *Pero lo que habéis de considerar es que la ausencia de buenas razones contrarias se debe a un accidente histórico; no* yace en la naturaleza de las cosas. Construid el tipo de sociedad que yo recomiendo y las opiniones que ahora despreciais (sin conocerlas, desde luego) volverán con tal esplendor que habréis de trabajar arduamente para mantener vuestra propia posición, y tal vez seréis incapaces de hacerlo.

¿No me creéis? Mirad la historia. La astronomía científica fue firmemente fundada sobre Tolomeo y Aristóteles, dos de los más grandes cerebros en la historia del pensamiento occidental. ¿Quién trastornó su sistema tan bien argumentado, empíricamente adecuado y precisamente formulado? Filolao, el loco y antediluviano pitagórico. ¿Cómo pudo Filolao lograr semejante regreso? Porque encontró un buen defensor: Copérnico. Desde luego, podéis seguir vuestras intuiciones como yo estoy

siguiendo las mías. Mas recordad que vuestras intuiciones son resultado de vuestra preparación "científica", donde por ciencia yo estoy dando a entender la ciencia de Karl Marx. Mi preparación o, antes bien, mi no preparación, es la de un periodista interesado en hechos extraños y extravagantes. Por último, en la actual situación mundial, mientras millones de personas mueren de hambre y otras están esclavizadas, pisoteadas en la más abyecta miseria de cuerpo y espíritu, ¿no es absolutamente irresponsable tener pensamientos que son verdaderamente un lujo como éstos? ¿No es la libertad de elección un lujo en tales circunstancias? ¿No son la petulancia y ese humorismo que yo deseo ver combinados con la libertad de elección, un lujo en tales circunstancias? ¿No debemos abandonar toda indulgencia para con nosotros mismos y *actuar*, unirnos y *actuar?* Tal es la objeción más importante que hoy se plantea contra un enfoque como el que recomiendo. Tiene un atractivo enorme, tiene el atractivo de la dedicación desinteresada. ¿Dedicación desinteresada... a qué? ¡Veamos!

Se supone que nosotros abandonaremos nuestras inclinaciones egoístas y nos dedicaremos a la liberación de los oprimidos. ¿Y qué son las inclinaciones egoístas? Son nuestro deseo de máxima libertad de pensamiento en la sociedad en que vivimos *hoy,* máxima libertad no sólo de un tipo abstracto sino expresada en instituciones y métodos de enseñanza apropiados.

Este deseo imperativo de una libertad física e intelectual concreta en lo que nos rodea debe abandonarse, por el momento. Esto presupone, primero, que no necesitamos esta libertad para nuestra tarea.

Presupone que podemos cumplir con nuestra tarea con una mente firme, cerrada a algunas opciones. Presupone que la manera correcta de liberar a otros *ya se encontró*, y que todo lo que se necesita es llevarla adelante. Lo siento, no puedo aceptar esta seguridad doctrinaria en asuntos de tan extrema importancia. ¿Significa esto que no podemos actuar en absoluto? No; pero significa que *mientras actuamos hemos de intentar realizar tanto de la libertad que yo he recomendado que nuestras acciones puedan ser corregidas a la luz de las ideas que recibimos al ir aumentando nuestra libertad.* Esto, sin duda, nos hará más lentos pero, ¿se supone que seguiremos adelante tan sólo porque algunos nos digan que han encontrado una explicación a toda la miseria y una excelente manera de salir de ella? También nosotros deseamos liberar a la gente, no hacerla sucumbir a un nuevo tipo de esclavitud *sino hacerla comprender sus propios deseos,* por muy diferentes que estos puedan ser de los nuestros. Unos liberadores mojigatos y sin criterio no pueden hacer esto. Por regla general, pronto imponen una esclavitud que es peor, por ser más sistemática, que la misma burda esclavirtud que han suprimido.

En cuanto al humor y el capricho, la respuesta debe ser obvia. ¿Por qué ha de querer alguien liberar a alguien más? Ciertamente, no por alguna ventaja *abstracta* de la libertad sino porque la libertad es la mejor guía hacia el libre desarrollo *y así hacia la felicidad.* Queremos liberar a otros para que *puedan sonreír.* ¿Lograremos hacer esto si nosotros mismos hemos olvidado sonreír y vemos con ceño fruncido a quienes aún lo recuerdan? ¿No estaremos difundiendo otra enfermedad,

comparable a la que deseamos suprimir, la enfermedad de la mojigatería puritana? No digáis que la dedicación y el humorismo no pueden ir juntos: Sócrates es un excelente ejemplo de lo contrario. *La tarea más ardua necesita la mano más ligera, o su realización no conducirá a la libertad sino a una tiranía mucho peor que la que remplaza.*

NOTAS SOBRE LOS COLABORADORES

Paul Feyerabend es profesor de Filosofía en la Universidad de California, en Berkeley, y en la Eidgenössische Technische Hochschule, de Zurich.

Ian Hacking ocupa la cátedra Henry Waldgrave Stuart de Filosofía en la Universidad de Stanford.

T. S. Kuhn es profesor del Departamento de Lingüística y Filosofía, y profesor de Filosofía e Historia de la Ciencia en el programa de Ciencias, Tecnología y Sociedad, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts.

Imre Lakatos nació en Hungría en 1922, con el apellido de Lipsitz. El apellido Lakatos (Candado) fue elegido durante el régimen nazi. Participó en la resistencia, y en el Partido Comunista después de 1945. Fue estudiante investigador a las órdenes de Georg Lukács. En 1947 fue nombrado secretario del Ministerio de Educación, con responsabilidad por la reforma democrática de la educación superior. Después fue a prisión, donde permaneció durante casi cuatro años, 1950-1953, incluso un año en confinamiento solitario. Entre 1954 y 1956 trabajó como traductor con el matemático A. Renyi, y fue muy influido por la obra de G. Polya. Huyó de su país en 1956, y recibió un doctorado (bibliografía, [48]) en la Universidad de Cambridge. Desde 1969 hasta su muerte, ocurrida en 1974, fue profesor de Lógica en The London School of Economics.

Laurens Laudan es Director del Centro de Historia y Filosofía de la Ciencia y profesor de Filosofía en la Universidad de Pittsburgh.

Sir Karl Popper nació en Viena en 1902. Salió de Austria en 1937 para ocupar un puesto de conferencian-

te en Canterbury University College, Christchurch, Nueva Zelanda, y en 1945 ocupó una cátedra en The London School of Economics, donde fue nombrado profesor de Lógica y Método científico en 1949. Recibió su título nobiliario en 1964 y se retiró en 1969. Su autobiografía se encuentra en la bibliografía [41].

Hilary Putnam es profesor de Filosofía y ocupa la cátedra Walter Beverly Pearson de Matemáticas modernas y Lógica matemática en la Universidad de Harvard.

Dudley Shapere es profesor de Filosofía y miembro del Comité de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Maryland.

BIBLIOGRAFÍA*

I. T. S. KUHN

Su obra clásica es [1]; la segunda edición contiene útiles reflexiones posteriores. Algunas de sus ideas fueron elaboradas por primera vez en [2], que constituye un interesante estudio histórico por derecho propio. Tanto [3] como [4] aplican la historia de la ciencia a la tarea de plantear nuevas preguntas filosóficas, en tanto que [5] examina lo que es un descubrimiento científico. Kuhn empleó al principio la palabra "paradigma" no muy rigurosamente, pero [6] aclara los dos usos principales del término. En [7] responde a la acusación de ser relativista y subjetivista acerca de la ciencia.

Los escritos [3] al [7] se encuentran entre los reunidos en [8]. Kuhn volvió a la historia detallada en [9]; esta obra será la mejor indicación de cómo desea hacer historia de la ciencia. El texto [10] es un comentario sobre el artículo V, la selección de Lakatos, mientras que [11] es una crítica de la labor hecha por la escuela de Lakatos en [52]. Algunos ensayos filosóficos acer-

* Durante los veranos de 1978 y 1979, dirigí dos seminarios de Verano para profesores de *College*, patrocinados por el National Endowment for the Humanities, Estados Unidos. El tema fue "La importancia de la historia para la filosofía de la ciencia". Agradezco al Endowment esta oportunidad, y a ambos grupos de doce profesores la discusión de los temas de esa antología, y consejos sobre el tipo más útil de bibliografía. Todo el mundo me ayudó, pero deseo dar gracias especialmente a la doctora Lucille Garmon, del West George College, Carrollton, Ga., y al doctor Husain Sarkar de la Lousiana State University, Baton Rouge, La.

ca de la obra de Kuhn se encuentran reunidos en [12]; entre ellos, David Hollinger, "T. S. Kuhn's Theory of Science and its Implications for History", es particularmente útil.

[1] Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago University Press, 2ª ed. 1970. [Hay edición en español del FCE.]

[2] —, *The Copernican Revolution*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957.

[3] —,"Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery", en *Critical Problems in the Philosophy of Science*, M. Clagett (comp.), Madison, University of Wisconsin Press, 1959, pp. 321-356, y en [8], pp. 66-104.

[4] —, "The Function of Measurement in Modern Physical Science", *Isis*, 52, 1961, pp. 161-190, y en [8], pp. 178-224.

[5] —, "The Historical Structure of Scientific Discovery", *Science*, 136, 1962, pp. 760-764, y en [8], pp. 165-177.

[6] —, "Second Thoughts on Paradigms" en *The Structure of Scientific Theories*, F. Suppe (comp.), Urbana, University of Illinois Press, 1974, pp. 459-482, y en [8], pp. 293-319.

[7] —, "Objectivity, Value Judgment and Theory Choice", en [8], pp. 320-339.

[8] —, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago, Chicago University Press, 1977.

[9] —, *Black Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*, Oxford, Clarendon Press, 1978.

[10] —, "Notes on Lakatos", PSA 1970, R. C. Buck y R. S. Cohen (comps.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, VIII, Dordrecht, Reidel, 1971.

[11] —, "The Halt and the Blind: Philosophy and History of Science", *British Journal for the Philosophy of Science*, 31, 1980, pp. 181-192.
[12] Gutting, Gary (comp.), *Paradigms and Revolutions*, Notre Dame, Indiana, University of Notre Dame Press, 1980.

La idea de revolución científica no es nueva. Se originó al mismo tiempo que las ideas políticas que culminaron en las Revoluciones francesa y norteamericana [13]. El escritor francés Gaston Bachelard (1884-1962) desde los años veintes estuvo dando gran uso a la idea de "cortes" o "mutaciones" o "rupturas" en el curso del desarrollo científico; por tanto hay una tradición más larga de atención a la discontinuidad en la historia de la ciencia entre quienes escriben en francés, que la que se encuentra en inglés. Alexandre Koyré (1892-1964), paisano de Bachelard, cambió la forma en que pensamos acerca de Galileo, que durante largo tiempo había sido mencionado como el gran experimentalista. Koyré sostuvo que Galileo creó una revolución en la forma en que piensan los hombres, y que la experimentación tenía poco que ver en esto. La notable secuencia de publicaciones de Koyré empezó durante los años treintas; para ejemplos de su obra véanse [14] y [15]. Sus ideas fueron popularizadas por Herbert Butterfield (1900-1979), cuyo [16] sigue siendo una de las mejores introducciones a "la" Revolución científica del siglo XVII. En el prólogo de [1], Kuhn dice que sus predecesores son Koyré, Butterfield, y el mucho tiempo olvidado Ludwig Fleck, que de manera interesante se anticipó a muchas de las ideas que hoy se discuten, pero cuyo inaccesible [17] de 1935 apenas ahora ha sido reimpreso y traducido.

[13] Cohen, I. B., "The Eighteenth Century origins of the Concept of Scientific Revolution", *Jour-*

nal of the History of Ideas, 37, 1976, pp. 257-288.

[14] Koyré, Alexandre, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore, Johns Hopkins Press, 1957.

[15] —, "Influence of Philosophic Trends on the Formulations of Scientific Theories", *The Validation of Scientific Theories*, P. Frank (comp.), Boston, Beacon, 1954.

[16] Butterfield, Herbert, *The Origins of Modern Science*, Bell, Londres, 1949.

[17] Fleck, Ludwig, *Genesis and Development of Scientific Fact*, T. Trenn y R. Merton (comps.), Chicago, Chicago University Press, 1979.

Como ya lo dije en la Introducción, Kuhn sólo fue uno de varios autores, entre ellos Feyerabend, que empezaron a desarrollar un enfoque "historicista" de la filosofía de la ciencia durante los años cincuentas. Otro de ellos fue N. R. Hanson, cuyo [18] arguye convincentemente que todos los términos descriptivos están "cargados de teoría" y por tanto que no existe cosa que pueda llamarse un informe de observación preteórico. Su [19] es un estudio detallado que ilustra esta doctrina. [20]-[22] también desarrollan una forma histórica de pensar acerca de la ciencia. Stephen Toulmin ha colaborado en extensos estudios populares de historia de la ciencia. Su [23] es la primera parte de una proyectada obra en cuatro volúmenes sobre la naturaleza del conocimiento humano.

[18] Hanson, N. R., *Patterns of Discovery*, Cambridge, Cambridge University Press, 1958.

[19] —, *The Concept of the Positron*, Cambridge, Cambridge University Press, 1963.

[20] Palter, Robert, "Philosophic Principles and Scientific Theory", *Philosophy of Science*, 23, 1956 pp. 111-135.

[21] Toulmin, Stephen, *The Philosophy of Science*, Londres, Hutchinson, 1953.
[22] —, *Foresight and Understanding*, Bloomington, Indiana University Press, 1961.
[23] —, *Human Understanding*, vol. I, Oxford, Clarendon Press, 1972.

II. Dudley Shapere

La crítica de Shapere [24] a Kuhn fue una de las mejores respuestas inmediatas a [1]. Su libro acerca de Galileo es útil complemento al empleo dado por Feyerabend a Galileo en [67], especialmente cuando se toma junto con la crítica de Feyerabend por Machamer [66]. La obra más reciente de Shapere en filosofía de la ciencia es [26], impresa en un libro con numerosas colaboraciones sobre estos temas por otros escritores. En [27], [28] y [29] él, Giere y McMullin elucidan hasta qué punto la historia puede importar a la filosofía.

[24] Shapere, Dudley, "The Structure of Scientific Revolutions", *Philosophical Review*, 73, 1964, pp. 383-394. Reproducido en [12].
[25] —, *Galileo: A Philosophical Study*, Chicago, University of Chicago Press, 1974.
[26] —, "The Character of Scientific Change" en *Scientific Discovery, Logic and Rationality*, T. Nickles Dordrecht (comp.), Reidel, 1980.
[27] —, "What can the Theory of Knowledge Learn from the History of Knowledge?", *The Monist*, 60, 1977, pp. 488-508.
[28] McMullin, Ernan, "The History and Philosophy of Science: A Taxonomy", en *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, R. Steuwer (comp.), *Minnesota Studies in the Philoso-*

phy of Science, v, Minneápolis, University of Minnesota Press, 1970, pp. 12-67.

[29] Giere, Ronald, "History and Philosophy of Science: Intimate Relationship or Marriage of Convenience?", *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 1973, pp. 282-296. Crítica de todo el volumen citado en [28].

Kuhn y Feyerabend introdujeron, entre ambos, la palabra "inconmensurable". Desde entonces ha habido extensas discusiones sobre el cambio de significado y el cambio de teorías. Un punto de partida tal vez lo constituya Campbell [30], originalmente publicado en 1920 como *Physics*. Dice Campbell que el significado de los conceptos teóricos lo da su lugar en la historia; por tanto, podríamos inferir, un cambio de teoría produce un cambio de significado. El camino que va de Campbell a Feyerabend es seguido en [31, cap. x]. [32] es una colección de ensayos acerca de estos problemas; [33] y [34] son dos de muchas recientes colaboraciones a esta discusión. [35] es una monografía sobre estos temas, criticando muchas conclusiones sacadas de la obra de Kuhn y Feyerabend. Para una crítica más radical de las ideas de "significado" que afectan esas cuestiones, véanse [36] y [37].

[30] Campbell, Norman, *Foundations of Science*, Nueva York, Dover, 1957.

[31] Hacking, Ian, *Why Does Language Matter to Philosophy?*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.

[32] Pearce, G., y P. Maynard (comps.), *Conceptual Change*, Dordrecht, Reidel, 1973.

[33] Fine, Arthur, "How to Compare Theories, Reference and Change", *Nous*, 9, 1975, pp. 17-32.

[34] Levine, Michael E., "On Theory-Change and

Meaning-Change", *Philosophy of Science*, 46, 1979, pp. 407-432.
[35] Scheffler, Israel, *Science and Subjectivity*, Indianapolis, Bobbs-Merrill, 1967.

III. Hilary Putnam

En un tiempo, Putnam se mostró favorable a la explicación dada por Campbell al significado de los términos teóricos, pero después lanzó un poderoso ataque teórico a la actitud hacia el significado que hizo surgir tesis acerca de inconmensurabilidad. Insistió (contra Campbell y sus sucesores) en que la referencia de los términos teóricos puede seguir constante aun cuando las teorías cambien radicalmente. Sus [36] y [37] son buenos ejemplos de esta idea, y muchos otros ensayos importantes se encuentran reunidos en [38]. Sus ideas acerca de la referencia han estado conectadas con una enérgica defensa del realismo científico, pero [39], que es una obra en progreso, indica un cambio de esta posición.

[36] Putnam, Hilary, "How not to Talk about Meaning", *In Honor of Philipp Frank*, R. S. Cohen y M. Wartofsky (comps.), *Boston Studies in the Philosophy of Science, ii*, Nueva York, Humanities Press, 1965, pp. 205-222. Reproducido en [38], *ii*, pp. 117-131.
[37] —, "The Meaning of 'Meaning' " en *Language Mind and Knowledge*, K. Gunderson (comp.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vii*, Minneápolis, University of Minnesota Press, pp. 131-193. Reproducido en [38], *ii*, pp. 215-271.
[38] —, *Philosophical Papers*, vol. *i*, *Mathematics, Matter and Method:* vol. *ii*, *Mind Language and Reality*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.

[39] —, *Meaning and the Moral Sciences*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1977.

IV. Sir Karl Popper

La obra fundamental de Popper, *La lógica del descubrimiento científico*, fue publicada en Alemania en 1934. [40] es una versión muy extendida de esto. [41] es una colección de estudios acerca de Popper. Empieza con una fascinadora autobiografía y termina con las respuestas de Popper a sus críticos. [44] contiene algunos de sus principales ensayos y [45] incluye obras más recientes en que presenta la idea de un "tercer mundo" del conocimiento, separado de los mundos físico y mental: una "epistemología sin el sujeto cognoscente".

[40] Popper, K. R., *The Logic of Scientific Discovery*, Londres, Hutchinson, 1959.
[41] Schillp, P. A. (comp.), *The Philosophy of Karl Popper* (2 vols.), La Salle, Ill., Open Court, 1974.
[42] Popper, K. R., *The Open Society and its Enemies* (2 vols.), Londres, Routledge and Kegan Paul, 5ª ed. revisada, 1966.
[43] —, *The Poverty of Historicism*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1957.
[44] —, *Conjectures and Refutations*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1963.
[45] —, *Objective Knowledge*, Oxford, Clarendon Press, 1972, 5ª ed. revisada, 1979.

V. Imre Lakatos

Lakatos se refiere, con frecuencia, a dos anteriores filósofos historiadores. William Whewell (1794-1866),

durante largo tiempo Master del Trinity College, Cambridge, fue renombrado por su enciclopédico conocimiento de la ciencia de su época. Su *History of the Inductive Sciences* (1837), en tres volúmenes, fue seguida en 1840 por [46]. El sabio francés Pierre Duhem (1861-1916) fue no menos enciclopédico. Refutó las afirmaciones de que el siglo XVII había originado la ciencia moderna, y en general sostuvo que el crecimiento del conocimiento es cuestión de evolución, no de revolución. En un estudio en 10 volúmenes, *Le Système du monde* (1913 *ss.*), concluyó que la "revolución científica" del siglo XVII no era más que la gradual culminación de la postrera ciencia medieval. Su [47] publicado por primera vez en 1906 introdujo muchos grandes temas que han figurado en debates filosóficos más recientes.

[46] Whewell, William, *The Philosophy of the Inductive Sciences*, Londres, Cass, 1967, 2 vols.
[47] Duhem, Pierre, *The Aim and Structure of Physical Theory*, Princeton, Princeton University Press, 1954.

El diálogo de Lakatos [48] sobre la naturaleza del razonamiento matemático es una aplicación sumamente original de la idea de Popper de "conjeturas y refutaciones". En 1965, tres años después de la publicación de la obra clásica de Kuhn, Lakatos organizó una conferencia que en parte sería una confrontación de las ideas de Kuhn y las de Popper. Los escritos pertinentes fueron publicados en [49], e incluyen obras de Kuhn, Popper, Feyerabend, Toulmin y otros. Sin embargo, el ensayo más importante del libro es [50], escrito después de la conferencia, y que contiene las principales aportaciones de Lakatos a la filosofía de la ciencia. Todas sus obras excepto [48] fueron reproducidas en [51]. Algunas obras de discípulos de Lakatos,

con observaciones de Feyerabend, se encuentran en [52], mientras que [53] es una evaluación, por muchos estudiosos, de la obra de esta escuela.

[48] Lakatos, Imre, *Proofs and Refutations: The Logic of Mathematical Discovery*, J. Worrall y E. Zahar (comps.), Cambridge, Cambridge University Press, 1976.
[49] —, y Alan Musgrave (comps.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.
[50] —, "Falsification and the Methodology of Research Programmes", en [49], pp. 91-196 y [51], pp. 8-101.
[51] —, *Philosophical Papers*, vol. *i*, *The Methodology of Scientific Research Programmes*; vol. *ii*, *Mathematics Science and Epistemology*, J. Worrall y G. Currie (comps.), Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
[52] Howson, Colin, *Method and Appraisal in the Physical Sciences*, Cambridge University Press, 1976.
[53] Radnitzky, G., y G. Anderson (comps.), *Progress and Rationality in Science* (*Boston Studies in the Philosophy of Science*, 58), Dordrecht, Reidel, 1978.

Joseph Agassi es otro filósofo que, como Lakatos, estuvo asociado a Popper al comienzo de su carrera, pero después desarrolló un enfoque distinto.

[54] Agassi, Joseph, *Towards an Historiography of Science*, Wesleyan University Press, 1963.
[55] —, "Scientific Problems and their Roots in Metaphysics" en *The Critical Approach to Science and Philosophy*, M. Bunge (comp.), Nueva York, Free Press, 1964, pp. 189-211.

[56] —, "Popper on Learning from Experience", en *Studies in the Philosophy of Science*, N. Rescher (comp.), *American Philosophical Quarterly Monograph Series, iii*, 1969, pp. 162-171.

VI. Larry Laudan

Algunas observaciones sobre la historia de la metodología se encuentran en [57]. El artículo de Laudan impreso en esta obra es una continuación de su libro [59], que propone una nueva teoría acerca de la racionalidad científica.

[57] Laudan, Larry, "Sources of Modern Methodology", en *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, R. Butts y J. Hintikka (comps.), Dordrecht, Reidel, 1977, pp. 3-20.
[58] —, "Two Dogmas of Methodology", en *Philosophy of Science*, 43, 1976, pp. 467-472.
[59] —, *Progress and its Problems*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1977.

VII. Paul Feyerabend

Algunas de las opiniones de Feyerabend se originaron de un escepticismo acerca del desarrollo de la mecánica cuántica, como queda indicado en [60]. Entre sus obras conocidas acerca de la filosofía de la ciencia se encuentran [62] y [63]. En la actualidad (1980) dice que, de las afirmaciones escritas a comienzos de los años sesentas, prefiere su colaboración a [64], que es una réplica a una valiosa discusión por J. J. C. Smart. Su empleo de la figura de Galileo ha sido criticado en [66]. La afirmación más conocida de sus opiniones se

encuentra en [67] que incluye más acerca de Galileo. Responde a los críticos de tal libro en [68]. Muchos de sus escritos se encuentran reunidos en [69]. [70] es una crítica desfavorable de Laudan [59].

[60] Feyerabend, Paul, "Problems of Microphysics", en *Frontiers of Science and Philosophy*, R. Colodny (comp.), Pittsburgh, Pittsburgh University Press, 1962, pp. 189-283.

[61] —, "On the 'meaning' of Scientific Terms", *Journal of Philosophy*, 62, 1965, pp. 266-274.

[62] —, "Explanation, Reduction and Empiricism", en *Scientific Explanation, Space and Time*, H. Feigl y G. Maxwell (comps.), *Minessota Studies in the Philosophy of Science, iii*, Minneápolis, University of Minnesota Press, 1962, páginas 28-97.

[63] —, "Problems of Empiricism", en *Beyond the Edge of Certainty*, R. Colodny (comp.), Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall, 1965.

[64] —, "A note on Two 'Problems' of Induction", *British Journal for the Philosophy of Science*, 19, 1969, pp. 251-253.

[65] Smart, J. J. C., "Conflicting views about Explanation", en *In Honour of Philipp Frank*, R. S. Cohen y M. Wartofsky (comps.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, II, Nueva York, Humanities Press, 1965, pp. 157-171. Wilfred Sellars, "Scientific Realism or Irenic Instrumentalism", *ibid.*, pp. 171-204. Putnam [36]. Paul Feyerabend, "Reply", *ibid.*, pp. 223-262.

[66] Machamer, Peter, "Feyerabend and Galileo: the Interaction of Theories and the Reinterpretation of Experience", *Studies in History and Philosophy of Science*, 4, 1971, pp. 1-46.

[67] Feyerabend, Paul, *Against Method*, Londres, New Left Books, 1977.

[68] —, *Science in a Free Society*, Londres, New Left Books, 1979.
[69] —, *Philosophical Papers*; vol. *i*, *Rationalism and Scientific Method*; vol. *ii*, *Problems of Empiricism*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
[70] "More clothes from the Emperor's Bargain Basement", *British Journal for the Philosophy of Science* 32, 1981, pp. 57-70.

VIII. Otros enfoques

Lo que sigue es una serie excepcionalmente diversa de sugestiones de lectura. Ante todo, Joseph Sneed ha intentado desarrollar algunas de las ideas de Kuhn empleando algunas de las técnicas de la lógica formal. Tal vez el más legible sumario de este enfoque sea el de Stegmüller [71]; forma parte de un simposio con Sneed y Kuhn. Este enfoque ha sido llamado "estructuralista" pero no tiene nada en común con el movimiento filosófico, originado en París, llamado estructuralismo. [72] es uno de varios desarrollos técnicos de esta obra y [73] es una elucidación menos formal motivada por críticas de Feyerabend.

[71] Stegmüller, Wolfgang, "Accidental ('Non-substantial') Theory Change and Theory Dislodgement", en *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, R. E. Butts y J. Hintikka (comps.), Dordrecht, Reidel, 1977, pp. 269-288.
[72] —, *Structure and Dynamics of Theories* (traductor W. Wohlheuter), Nueva York, Springer, 1976.
[73] —, *Theory Construction, Structure and Rationality*, Nueva York, Springer, 1979.

El historiador de la ciencia Gerald Holton ha introducido el concepto de "themata" para analizar estrategias generales y persistentes en la investigación científica, Ésta es una idea que contrasta útilmente con el "paradigma" de Kuhn. [74] es una presentación sistemática del concepto, y [75] es una colección de ensayos, que incluye una viva crítica de muchas corrientes actuales en la historia-*cum*-filosofía de la ciencia, "Dionysians, Apollonians and the Scientific Imagination".

[74] Holton, Gerald, *Thematic Origins of Scientific Thought*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1975.
[75] —, *The Scientific Imagination*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978 [hay versión en español del FCE].

En varios grados, todos los escritores que aparecen en las antologías mencionadas subrayan el aspecto público de la investigación científica: la idea de Lakatos de la historia interna que aparece en el artículo v no es más que la versión extrema de una tendencia actual. Poco se dice acerca de lo que pasa por la mente del científico. Michael Polanyi ha escrito dos libros sabios, documentados y atractivos con una perspectiva opuesta, como lo sugieren ya sus títulos:

[76] Polanyi, Michael, *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1958.
[77] —, *The Tacit Dimension*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1966.

Como se dijo antes en esta bibliografía, en relación con [13]-[17], la idea de revolución científica no es nueva. Siguiendo a Bachelard, ha habido durante este siglo una tradición francesa de estudiar las claras discontinui-

dades entre los cuerpos de conocimiento. El idioma y hasta cierto punto el problema de esta tradición francesa son diferentes de las obras escritas en inglés, pero hay, a la vez, traslapes e importantes cosas que aprender. El escritor francés que mayor influencia alcanzó en este terreno es Michel Foucault. [78] es un estudio notablemente rico de las ciencias de la "vida, el trabajo y el idioma" desde el siglo XVII hasta la actualidad, que trata de sacar una moral filosófica acerca de la naturaleza de las ciencias humanas. Muchos lectores encuentran más fácil leer estudios más específicos de la locura [79] o de la medicina clínica [80]. [81] es una explicación un tanto opaca de la metodología de Foucault, mientras [82] vuelve a las relaciones entre el conocimiento y el poder, tomando como ejemplo la penitenciaría. Una breve comparación entre Kuhn y Foucault aparece en [83].

[78] Foucault, Michel, *The Order of Things, an Archaeology of the Human Sciences*, Londres, Tavistock, 1970.
[79] —, *Madness and Civilization: A History of Insanity in the Age of Reason* (trad. R. Howard), Londres, Tavistock, 1967.
[80] —, *The Birth of the Clinic* (trad. A.M.S. Smith), Londres, Tavistock, 1973.
[81] —, *The Archaeology of the Knowledge* (trad. A.M.S. Smith), Londres, Tavistock, 1972.
[82] —, *Discipline and Punish: Birth of the Prison* (trad. A. Sheridan), Londres, Lane, 1977.
[83] Hacking, Ian, "Michel Foucault's Immature Science", *Nous*, 13, 1979, pp. 39-51.

El precursor de la sociología de las ciencias es Robert Merton. Su [84], publicado por primera vez en 1938, aún se discute mucho por sus tesis acerca de las conexiones entre el medio social religioso y el desarrollo

de la tecnología nueva durante la revolución científica del siglo XVII. Uno de sus puntos de partida en obras posteriores ha sido el hecho de que muchos descubrimientos son "gemelos": investigadores independientes los hacen casi al mismo tiempo [85], [86]. Muchos de sus escritos importantes se encuentran reunidos en [87].

[84] Merton, R. K., *Science, Technology and Society in 17th Century England*, Nueva York, Fertig, 1970.

[85] —, "Priorities in Scientific Discovery", *American Sociological Review*, 22, 1957, pp. 635-659. Reproducido en [87], pp. 286-324.

[86] —, "Resistance to the systematic Study of Multiple Discoveries in Science", *European Journal of Sociology*, 4, 1963, pp. 237-282. Reproducido en [87], pp. 371-382.

[87] —, *The Sociology of Science, Theoretical and Empirical Investigations*, N. W. Storer (comp.), Chicago, Chicago University Press, 1973.

También existe una tradición europea —menos empíricamente motivada— de la sociología del conocimiento, que a menudo pero no siempre muestra un origen marxista. En años recientes, Habermas ha sido uno de sus exponentes más distinguidos [88]. Para una revisión de su filosofía véase [89]. Un grupo de investigadores de la Universidad de Edimburgo está estudiando temas relacionados [90], [91]. Suelen decir que la evaluación de un cuerpo de conocimiento es enteramente relativa a los intereses de un grupo social; consideran escasa la posibilidad de una racionalidad objetiva neutral en valores. Para ensayos sobre tales temas véase [92]. Mary Hesse es una distinguida filósofa inglesa que ha colaborado con importantes estudios sobre temas bastante formales de inferencia científica [93], pero que ha sido cada vez más atraída, aunque caute-

losamente, por las ideas de Habermas y de la escuela de Edimburgo. Para una valiosa colección de sus ensayos recientes véase [94].

[88] Habermas, Jürgen, *Knowledge and Human Interests* (trad. J. J. Shapiro), Londres, Heinemann, 1972.
[89] McCarthy, Joseph, *The Critical Theory of Jürgen Habermas,* Londres, Hutchinson, 1978.
[90] Barnes, Barry, *Scientific Knowledge and Sociological Theory,* Londres, Routledge and Kegan Paul, 1974.
[91] —, *Interests and the Growth of Knowledge,* Londres, Routledge and Kegan Paul, 1977.
[92] Hollis, M., y S. Lukes (comps.), *Rationality and Relativism,* Oxford, Blackwell, 1982.
[93] Hesse, Mary, *The Structure of Scientific Inference,* Londres, Macmillan, 1974.
[94] —, *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science,* Bloomington, Indiana University Press, 1980.

Finalmente, para volver al racionalismo y a una crítica de lo que el autor llama la nueva confusión que Kuhn introdujo en la filosofía de la ciencia, véase [95].

[95] Glymour, Clark, *Theory and Evidence,* Princeton, University Press, 1979.

ÍNDICE

Introducción 7

I. Una función para los experimentos mentales, *T. S. Kuhn* 17

II. Significado y cambio científico, *Dudley Shapere* 58
La revolución contra el positivismo .. 58
Significados y análisis de la ciencia .. 104

III. La "corroboración" de las teorías, *Hilary Putnam* 116
1. El concepto de "inducción" de Popper 117
2. Una breve crítica a la concepción de Popper 118
3. La corroboración según Popper .. 121
4. El método científico, el esquema recibido 122
5. La teoría de la gravitación universal 125
6. ¿Es terminológica la cuestión? ... 126
7. Urano, Mercurio, "compañeros oscuros" 127
8. El efecto sobre la doctrina de Popper 130
9. La ciencia según Kuhn 133
10. Esquemas para los problemas científicos 137
11. Kuhn contra Popper 145

12. Cambio de paradigma 146
13. En la práctica 149

IV. La racionalidad de las revoluciones científicas, *Sir Karl Popper* 153

V. La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales, *Imre Lakatos* ... 204
Introducción 204
Las metodologías rivales en la ciencia; las reconstrucciones racionales como guías de la historia 205

1. El inductivismo, 207; 2. El convencionalismo, 210; 3. El falsacionismo metodológico, 215; 4. La metodología de los programas de investigación científica, 220; 5. La historia interna y la externa, 235

VI. La filosofía de la ciencia según Lakatos, *Ian Hacking* 243
El problema de leer a Imre Lakatos ... 243
Dos públicos 244
El desarrollo del conocimiento 245
Objetividad y subjetivismo 248
La metodología 250
Evaluación de las teorías científicas ... 253
La heurística 255
La enajenación y el tercer mundo ... 259
La historia interna 262
La reconstrucción racional 265
Los cataclismos en el razonamiento ... 269

VII. Un enfoque de solución de problemas al progreso científico, *Larry Laudan* 273

VIII. Cómo defender a la sociedad contra la ciencia, *Paul Feyerabend* 294
Cuentos de hadas 294
Contra el método 298
Contra los resultados 303
La educación y el mito 307

Notas sobre los colaboradores 315

Bibliografía 317

Se terminó la impresión de esta obra en el mes de octubre de 1985, en "La Impresora Azteca", S. de R. L., Poniente 140 Nº 681-1, Col. Industrial Vallejo, 02300, México, D. F.
Se tiraron 10 000 ejemplares